

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
Физико-технологический институт

**V Международная молодежная научная конференция,  
посвященная памяти Почетного профессора УрФУ В.С. Кортova**

**Физика. Технологии. Инновации.  
ФТИ-2018**

**Секция 2**

14–18 мая 2018 г.

Тезисы докладов

Екатеринбург  
2018

УДК 001.895:621.039 (063)  
ББК 22.31я43+24.13я43+32.97я43  
Т29

Т29 Тезисы докладов V Международной молодежной научной конференции, посвященной памяти Почетного профессора УрФУ В.С. Кортובה (Секция 2): Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2018 (14–18 мая 2018 г.). / отв. за вып. А. В. Ищенко. Екатеринбург : УрФУ, 2018. 68 с.

*Конференция проведена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта 18-32-10016 мол\_г.*

Редакционная коллегия: В. Н. Рычков, С. В. Звонарев, А. В. Ищенко, Е. А. Бунтов, И. С. Жидков, А. С. Дедюхин, В. С. Семенищев, М. И. Сутормина, О. А. Евсегнеев, А. А. Смирнов, Д. А. Метелев, Э. В. Патраков.

УДК 001.895:621.039 (063)  
ББК 22.31я43+24.13я43+32.97я43

©УрФУ, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

Секция 2. Приборостроение и робототехника .....	5
<i>Кузьмина Е.В., Тягуни А.В.</i> Разработка аппаратно-программного комплекса для исследования поля зрения человека с функцией КЧСМ.....	6
<i>Kiselev S.A., Mogilnikov I.A., Raikov D.V., Yakovlev D.M.</i> Application of 3D MID-technology for the design of electronic devices.....	7
<i>Абдурахимов Н.А., Веселков А.Ю., Волков А.С., Мартынов Г.В.</i> Исследование спектра излучения и поглощения различных веществ.....	9
<i>Бригинец С.А., Волков А.С., Мартынов Г.В.</i> Разработка мобильного кардиомонитора .....	11
<i>Розевика А.А., Веселков А.Ю., Мартынов Г.В.</i> Разработка аппаратно-программного комплекса ГРУТ-03.....	12
<i>Островский В.В., Веселков А.Ю., Лагунов А.Ю., Орлов А.В.</i> Измерение толщины квазижидкого слоя воды на поверхности льда.....	14
<i>Alexandrov A.O., Vdovin D.A., Petrukhnova G.V., Prutkova C.A.</i> Training stand with a variable structure for studying microcontrollers.....	16
<i>Матросов Г.В., Новиков М.Ю., Бердников А. В.</i> Интраоперационный торакальный анализатор кровотока.....	17
<i>Попова М.А., Тыщенко И.С.</i> Разработка автоматизированной системы контроля геометрии резьбы.....	19
<i>Глотов В.В., Ромащенко М.А., Неклюдов А.Л.</i> Методика определения защитных отношений для РЭС, использующих фазоманипулированные сигналы.....	20
<i>Глотов В.В.</i> Математическая модель виброакустического сигнала роликового подшипника .....	22
<i>Поволоцкий И.И., Волосников Д.В., Скрипов П.В.</i> Теплофизический контроль влаги в гидравлических жидкостях .....	24
<i>Матыцин А.Н., Лагунов А.Ю., Орлов А.В.</i> Исследование помех радиосетям стандарта IEEE 802.11n .....	25
<i>Рыбникова Ю.А., Смирнов Г.Б.</i> Компьютерное моделирование послойного формирования заготовки иридиевого тигля в электролизере коаксиальной симметрии .....	27
<i>Рудаков Г.А., Шкаранута А.П., Поляков В.В., Гагарина Д.А.</i> Опыт преподавания робототехники студентам разных специальностей .....	28
<i>Фофанов А.С., Волков А.С., Лагунов А.Ю., Орлов А.В.</i> Изучение прочностных свойств льда.....	30
<i>Мехонцева Г.И., Гонтарь Л.А., Терентьев Г.И.</i> Разработка локальной поверочной схемы для установки измерения УЭС и УСЭС.....	32
<i>Serazetdinov A.R., Khokhlov K.O., Baranova A.A., Chuvashov R.D.</i> Electronic controlling and processing system for nitroaromatic substance detection device.....	34
<i>Пышкина М.Д., Никитенко В.О., Пономарева Е.А.</i> Неопределенность показаний индивидуальных нейтронных дозиметров на рабочих местах.....	36
<i>Плетнев В.Ю.</i> Проектирование устройства входного контроля для модуля вторичного питания МП1515,5ВТВ .....	37

<i>Терёхин В.Д., Лагунов А.Ю., Орлов А.В.</i> Разработка оптической системы прибора для определения значения КЧСМ .....	39
<i>Тыщенко И.С., Попова М.А.</i> Датчик отклонения от прямолинейности .....	41
<i>Тыщенко И.С., Попова М.А.</i> Разработка датчика профиля поверхности.....	43
<i>Чувашов Р.Д., Хохлов К.О., Вербицкий Е.В., Баранова А.А., Серазетдинов А.Р.</i> Прибор для обнаружения и идентификации нитросоединений .....	45
<i>Южаков И.В., Левин Е.И.</i> Разработка модели камеры сгорания для ПГУ ВЦГ .....	46
<i>Харитонов К.И., Сарычев М.Н.</i> Разработка высокочастотной измерительной системы ультразвуковой экспериментальной установки .....	48
<i>Захватов В.И.</i> К аналитическому синтезу ПИ-регуляторов.....	49
<i>Зинуров В.Э.</i> Исследование транспортирования мелкодисперсного материала в воздухопровод котла .....	51
<i>Путимцев И.Д.</i> Модуль автоматизации в устройстве коррекции зрения авторефрактометр .....	53
<i>Kuzmenko A.D., Voronin S.S., Ogorodnikov A.I.</i> A robotic complex for power lines diagnostics.....	54
<i>Игнатенко М.А., Щербинин С.В., Сафронов А.П.</i> Генератор переменного магнитного поля для исследования нагрева ферромагнитной жидкости .....	56
<i>Дуброва А.И.</i> Источник тока для диодной накачки Nd:YAG лазеров .....	57
<i>Ибрагимова Л.А., Ибатуллин В.И.</i> Выбор средства измерения линейных размеров до 500 мм.....	58
<i>Осинцев С.С., Моисейкин Е.В.</i> Электронный трансформатор тока с цифровым выходом.....	61
<i>Шилов А.О., Моисейкин Е.В.</i> Программируемый усилитель измерительного преобразователя .....	62
<i>Даринцев А.Е., Моисейкин Е.В.</i> Устройство химической полировки пластиковых изделий.....	63
<i>Журавлев К.А., Спиридонов Д.М., Панкин В.В., Панкин С.В., Щелканов А.А.</i> Возможность реализации мобильной лаборатории радионуклидной диагностики в рамках законодательства российской федерации .....	65
<i>Зайцев Е.В.</i> Анализ материалов детектора прямого заряда .....	65

## **СЕКЦИЯ 2**

### **ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И РОБОТОТЕХНИКА**

# **РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА С ФУНКЦИЕЙ КЧСМ**

Кузьмина Е.В.\*, Тягунин А.В.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, Россия

\*E-mail: [physics14@yandex.ru](mailto:physics14@yandex.ru)

## **THE DEVELOPMENT OF A HARDWARE-SOFTWARE SYSTEM FOR STUDYING THE HUMAN VISUAL FIELD AND DETERMINING THE CRITICAL FLICKER FUSION FREQUENCY**

Kuzmina E.V.\*, Tyagunin A.V.

Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

Annotation. The article is devoted to the development of a hardware-software system for studying the human visual field and determining the critical flicker fusion frequency. This device can be used to laboratory work and for scientific research.

В рамках лабораторного практикума по биофизике студентам Северного (арктического) федерального университета предлагается выполнить несколько работ по изучению зрительной системы человека. К таким работам относятся «Изучение поля зрения человека с помощью кинетического периметра» [1] и «Определение критической частоты слияния мелькания (КЧСМ)» [2].

При анализе используемых методик был выявлен ряд недостатков, например, предъявление и перемещение стимула, а также фиксация результатов требует постоянного присутствия испытуемого. Это приводит к увеличению погрешности результатов, так как испытуемый может перемещать стимул с различной скоростью, а испытание занимает много времени, так как часть времени тратится на запись результатов.

Для устранения описанных недостатков было предложено сконструировать аппаратно-программный комплекс (АПК) для исследования поля зрения человека с возможностью определения критической частоты слияния мерцания.

При реализации проекта были использованы: аппаратная платформа Arduino Uno v.3, шаговый двигатель M49SP-1, контроллер управления шаговым двигателем A4899, светодиодная лента WS2812. В качестве сред разработки программной составляющей были использованы: Arduino IDE и среда программирования Delphi.

Принцип работы комплекса основывается на методике кинетической периметрии. В начале каждого испытания в программе фиксируется ФИО испытуемого и его возраст. После этого начинается предъявление оптического стимула с помощью последовательного включения светодиодов. В тот момент, когда светодиод загорится в поле зрения испытуемого, он нажимает на кнопку. Програм-

ма фиксирует угол, на котором находится диод, меридиан, цвет, и отображает точку на диаграмме.

После того как для каждого цвета определена граница поля зрения запускается подпрограмма определения КЧСМ. В этом случае происходит включение светодиода требуемого цвета только на границе поля зрения и частота его мерцания автоматически начинает меняться от минимальной до тех пор, пока пользователь не нажмет на кнопку. В этом случае программа фиксирует значение частоты.

Результаты исследования записываются в csv файл, что дает возможность в дальнейшем провести статистическую обработку.

1. McKendrick, Allison M Recent developments in perimetry: test stimuli and procedures Clinical and Experimental Optometry 88 (2), 73-80 (2005)
2. Lagunov A., Morozova L., et al. Polychromatic LED Device for Measuring the Critical Flicker Fusion Frequency Computer System for Healthcare and Medicine, River Publishers 3, 51-89 (2017)

## **APPLICATION OF 3D MID-TECHNOLOGY FOR THE DESIGN OF ELECTRONIC DEVICES**

Kiselev S.A.<sup>1\*</sup>, Mogilnikov I.A.<sup>1</sup>, Raikov D.V.<sup>1</sup>, Yakovlev D.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>ООО "Enicon", Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [svyat-kiselyov@yandex.ru](mailto:svyat-kiselyov@yandex.ru)

3D MID-technology is gaining popularity and becoming more and more available device manufacturing technology. Those devices or their parts are unique because of variety of forms and integrated functions – mechanical, electronic, optical, liquid, thermal and others. MID means molded interconnect device.

The final device is obtained by applying a 3D-integrated connection system to the 3D-substrate. The term "three-dimensional printed circuit board (PCB)" does not display the advantages of 3D MID-technology, which is based primarily on the interaction of different functions of different disciplines, rather than the expansion of one particular area.

The aim of the work was to study the possibility of manufacturing electronic devices using 3D MID-technology in general, and in particular – to make a radar antenna for the station SPO L-150-14 [1].

The objective of manufacturing the antenna using the 3D MID-technology was divided in several stages:

First stage. The designing of the antenna according to the theoretical calculations in the program "SOLIDWORKS" [2]. Theoretical calculations represented data with

the location of all points of the antenna spiral in space. It was necessary to choose the size and shape for the polymer base. The result was a 3D model in the program "SOLIDWORKS".

Second stage. Manufacture of antenna base by 3D printing. According to the results of the first stage, the 3D model created in the program "SOLIDWORKS" formed the basis for the manufacture of the antenna housing. The antenna housing was made by 3D printing by FDM method in UnionTech RSPRO600 machine with polymer UTR-9000.

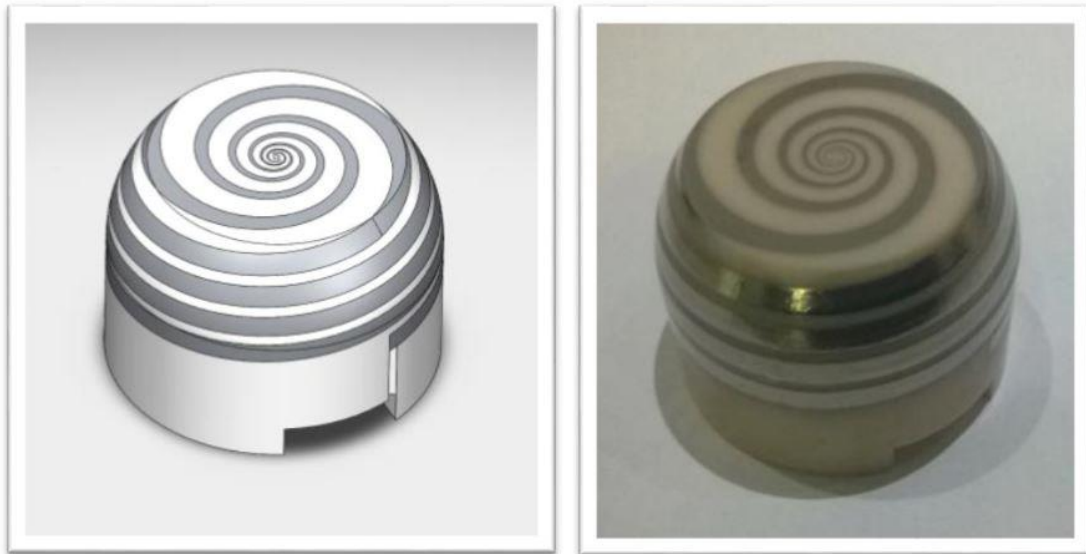


Figure 1. Left – 3D-model of antenna, right – photo of final device.

Third stage. Application of metallized coating (conductor). The application of the conductor was performed on the aerosol press AJP-15XE. The installation allows to apply nanoparticles of liquid material on the bases of any shape. The material can be polymer conductive materials, dielectrics, conductive epoxy materials and metals – Ag, Al, Au, Cu, Pt, Pd.

Nowadays, the potential of 3D-MID technology is not yet fully revealed. Its actuality becomes higher, which is an incentive to the development of appropriate technologies and related equipment. We managed to apply this technology to manufacture the antenna device. 3D MID-technology is the technology of the future, which is confirmed by the world's largest companies in the fields of automotive, instrument making and electronics. In particular, one of the widest applications nowadays is medicine, creation of devices and tools of the required shape and size.

1. The station warning radar irradiation [Electronic resource] – AO CKBA – <http://www.ckba.net/121/>
2. 3D CAD Design Software SolidWorks [Electronic resource] – «SOLIDWORKS Russia» – <http://www.solidworks.ru/>



# **ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА ИЗЛУЧЕНИЯ И ПОГЛОЩЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Абдурахимов Н.А.<sup>\*</sup>, Веселков А.Ю., Волков А.С., Мартынов Г.В.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова,  
Архангельск, Россия

\*E-mail: [nursulton-96@mail.ru](mailto:nursulton-96@mail.ru)

## **RESEARCH OF THE ABSORPTION AND EMISSION SPECTRA OF VARIOUS SUBSTANCES**

Abdurahimov N.A.<sup>\*</sup>, Veselkov A.Yu., Volkov A.S., Martinov G.V.

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,  
Arkhangelsk, Russia

In modern science and technology, to determine the chemical composition of substances, use a variety of different methods. Among these methods, one of the important places is spectral analysis. In order to obtain and investigate the emission spectrum of the substance, a device was developed that was controlled from a PC. The device is mobile and can be used with a portable laptop in arctic expeditions.

В современной науке и технике, для определения химического состава веществ, используют множество различных методов [1]. Среди этих методов одно из значимых мест занимает спектральный анализ. Суть этого метода состоит в изучение спектра поглощения и излучения исследуемого вещества путем эмиссионной и абсорбционной спектроскопии[2].

Чтобы изучить спектр поглощения и испускания исследуемого вещества, существуют специальные приборы—спектрометры. В настоящей работе будет рассмотрено создание одного из таких спектрометров, его апробация при изучении состава исследуемого вещества и определении спектрального состава источников света. Проблема исследования состоит в том, что большинство промышленных спектрометров являются стационарными устройствами, которые нельзя использовать в арктических экспедициях.

Перед разрабатываемым устройством ставятся следующие задачи: регистрация спектра света, оцифровка полученного сигнала и последующий спектральный анализ с помощью персонального компьютера (ПК). В качестве ПК мы использовали портативный ноутбук. Устройство концептуально состоит из следующих компонентов: входная щель, дифракционная решетка и ПЗС-матрица.

Свет, пройдя через исследуемое вещество, попадает в спектрометр через входную щель и направляется в дифракционную решетку. Решетка рассеивает компоненты спектра под разными углами, которые затем фокусируются вогнутым зеркалом на детекторе. В качестве альтернативы можно использовать во-

гнутую голографическую решетку для реализации всех трех функций спектрометра одновременно.

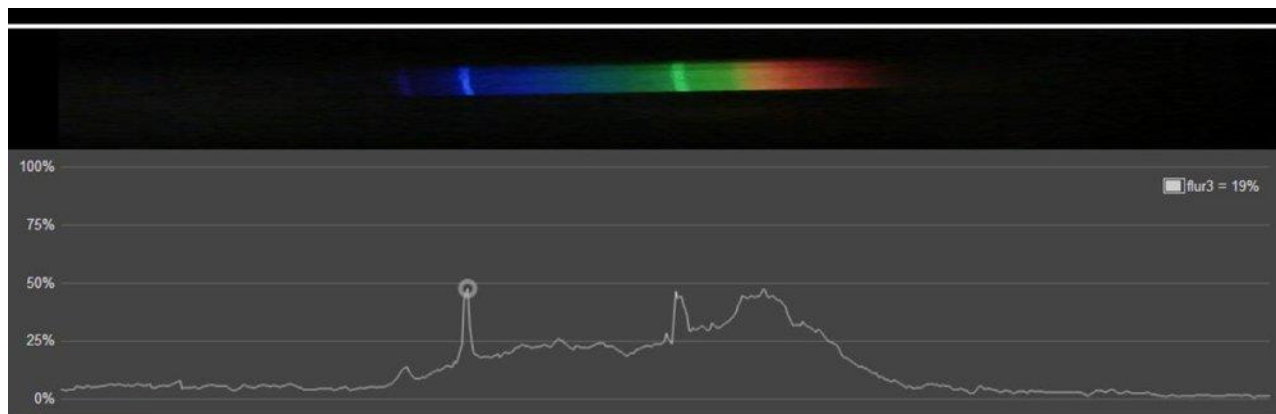


Рис 1. График зависимости спектрального состава люминесцентной лампы

В роли детектора света используется ПЗС-матрица, преобразующая свет в электрические сигналы, которые затем поступают в ПК. С помощью специально разработанного программного обеспечения производится интерпретация сигнала в зависимости от количества пикселей в детекторе и линейной дисперсии дифракционной решетки для реализации калибровки, которая позволяет начертить график распределения по длинам волн в спектре.

Следует отметить, что вместо ПЗС-матрицы можно использовать камеру с достаточно высоким разрешением, а вместо дифракционной решетки – призму. В качестве примера на рис. 1 приведен спектр видимого излучения люминесцентной лампы, полученный спектрометром и визуализированный с помощью разработанного программного обеспечения. По оси ОУ отражена относительная интенсивность источника, по оси ОХ – спектральный состав по длинам волн.

1. В.И. Барсуков, Атомный спектральный анализ (2005).
2. В.В. Лебедева, Экспериментальная оптика (2005).

## **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО КАРДИОМОНИТОРА**

Бригинец С.А.<sup>\*</sup>, Волков А.С., Мартынов Г.В.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова,  
г. Архангельск, Россия

\*E-mail: [briginets.sofya@yandex.ru](mailto:briginets.sofya@yandex.ru)

## **DEVELOPMENT OF A MOBILE HEART MONITOR**

Briginets S.A.<sup>\*</sup>, Volkov A.S., Martinov G.V.

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,  
Arkhangelsk, Russia

Annotation. Developed the monitor with the function of sending data on a PC, smartphone and medical center. This allows you to monitor patients remotely and in the event of an emergency to provide medical assistance. The device is actual for all regions of the country, particularly the North, where a high risk of death from cardiovascular disease.

Сердечно-сосудистые заболевания – одна из основных причин смертности среди населения в ряде регионов. Известно, что количество трудоспособного населения за счет высокой смертности от проблем с сердечно-сосудистой системой (ССС) неуклонно снижается. [1]

В связи с этим возникает вопрос о возможности простого, быстрого, постоянного и недорогого способа мониторинга состояния пациента. Решением является создание мобильного устройства – кардиомонитора, работающего постоянно и способного регистрировать изменения ССС человека.

Разрабатываемое нами устройство представляет собой интегрированный блок обработки сигнала для ЭКГ и других биопотенциалов, предназначенное для получения, усиления и фильтрации слабых биопотенциальных сигналов в условиях сильных помех. Набор датчиков и электродов для снятия данных подбирается в зависимости от условий и задач использования прибора.

В разрабатываемом устройстве настройки планируется сохранять в flash-памяти микроконтроллера в формате txt с последующим переходом в специализированный формат Dicom [2], и одновременно передавать с помощью мобильных или радиосетей в медицинский центр и на устройство вывода – персональный компьютер (ПК) или смартфон с предустановленным программным обеспечением.

Схема связи электродов с кардиомонитором осуществляется посредством трехпроводного соединения. В дальнейшем планируется отказаться от проводного соединения за счет использования радиодатчиков. Схема разрабатываемого кардиомонитора приведена на рис. 1.

Мобильный комплекс может стать неплохим инструментом для мониторинга состояния пациента и снизить риск внезапной смерти от заболеваний сердца, а так же улучшить лечение кардиологических больных. При необходимости

можно создать единую базу, в которой будут собираться данные с кардиомониторов, что позволит группировать больных по различным критериям, осуществлять анализ и обработку полученных данных. Это позволит разработать рекомендации, позволяющие уменьшить риск смертности от сердечно-сосудистых заболеваний.



Рис 1. Структурная схема кардиомонитора

На основе комплекса можно строить портативные устройства и для получения данных о сокращениях других мышц, потенциалов головного мозга, что потенциально дает возможность использовать ее в бионике и протезировании.

1. Стародубов В.И., Николаев Д.В., Коростылев К.А. Аналитический вестник (2015).
2. Стандарт DICOM 3.0 (2016).
3. Кузьмин А.Г. Биофизические основы электрокардиографии и техника ее регистрации: учебно-методическое пособие. Вологда: ВоГУ(2014).

## РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ГРУТ-03

Розевика А.А.<sup>\*</sup>, Веселков А.Ю., Мартынов Г.В.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, Россия

\*E-mail: [rozievika@inbox.ru](mailto:rozievika@inbox.ru)

## DEVELOPMENT OF HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX GRUT-03

Rozevika A.A.<sup>\*</sup>, Veselkov A.Yu., Martinov G.V.

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,  
Arkhangelsk, Russia

Annotation. To study the temperature dependence of various soils in real natural conditions, a hardware-software complex was developed. The complex is a modular-assembly device that allows changing the dimensions of the measuring part. The complex collects data from sensors and transmits them to a computer for further processing.

При проведении некоторых исследований требуется определение температуры в различных точках исследуемого образца [1, 2]. Это особенно актуально при изучении распределения температур в толще различных сред (почва, лед, вода и т.п.). Также в практике научных исследований есть необходимость изучения распределения температур вдоль выбранного направления и динамики изменения температуры во времени. Сложностью таких исследований является необходимость непрерывного, продолжительного по времени получения данных с изучаемого объекта вне лаборатории. В связи с этим возникает потребность в создании устройства, в котором предусмотрено дистанционное измерение температур в любой исследуемой среде.

Для измерения температуры в мерзлых грунтах разработан аппаратно-программный комплекс ГРУТ-03 (градиентомер универсальный температурный), позволяющий проводить измерения температур почвы на различных глубинах. Он позволяет последовательно, в течение малого промежутка времени, снимать показания температуры с датчиков, расположенных на разных глубинах и сохранять полученные данные автоматически в файл на ЭВМ.

Установка представляет из себя управляющий блок микроконтроллера, к которому присоединяется нужное количество цифровых температурных датчиков DS18B20, в зависимости от глубины погружения в грунт или другой исследуемый материал. Каждый датчик располагается в отдельном герметичном модуле для предотвращения короткого замыкания контактов во влажной среде. По двум проводам к датчикам подводится питание, третий провод предназначен для осуществления снятия показаний (Рис. 1). Платформа Arduino служит для преобразования сигналов, полученных с датчиков в показания температуры размерностью градус Цельсия, а также для передачи полученных данных на ПК.

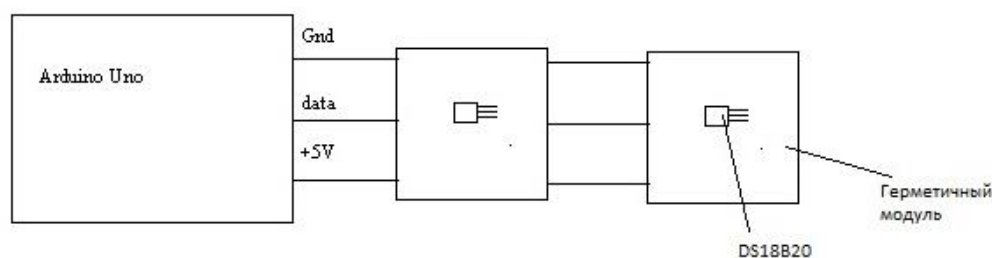


Рис. 1. Принципиальная схема ГРУТ-3

Для программирования микроконтроллера используется стандартный пакет для работы с Arduino. Программный код записывается в память аппаратной платформы, которая может работать независимо от программного обеспечения, запущенного на ПК.

Частоту снятия данных и разрядность температурного датчика можно задать в зависимости от условий эксперимента. Хранение данных осуществляется на борту комплекса. Имеется возможность передачи по технологии 1-Wire или

иной для дистантного снятия показаний в случаях, когда прямые измерения невозможны.

1. Беховых Л.А., Макарычев С.В., Шорина И.В. Основы гидрофизики, АГАУ (2008).
2. Середин В.В. Оценка геоэкологических условий санации территорий, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, Перм. гос. ун-т (1998).

## **ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИНЫ КВАЗИЖИДКОГО СЛОЯ ВОДЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛЬДА**

Островский В.В.<sup>1\*</sup>, Веселков А.Ю.<sup>1</sup>, Лагунов А.Ю.<sup>1</sup>, Орлов А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

<sup>2</sup>) Архангельский колледж телекоммуникаций Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций имени проф.М.А.Бонч-Бруевича, Архангельск, Россия

\*E-mail: [v.v.ostrovsky@mail.ru](mailto:v.v.ostrovsky@mail.ru)

## **MEASUREMENT OF THE THICKNESS OF A QUASI-LIQUID LAYER OF WATER ON THE ICE SURFACE**

Ostrovskiy V.V.<sup>1\*</sup>, Veselkov A.U.<sup>1</sup>, Lagunov A.J.<sup>1</sup>, Orlov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

<sup>2</sup>) Arkhangelsk College of Telecommunications, branch office of Saint-Petersburg Bonch-Bruevich's State University of Telecommunications, Arkhangelsk, Russia

Annotation. Most physical properties of ice depend on the processes occurring on its boundary. The reason for this is the presence of a quasi-liquid layer of water on the ice surface. To study the properties of a quasi-liquid layer of water, it is necessary to measure its thickness. At present, an installation has been developed for measuring the thickness of a quasi-liquid layer of water on the ice surface.

Физические свойства воды и льда весьма необычны и поэтому постоянно привлекают к себе внимание исследователей. Причиной некоторых необычных свойств может являться наличие квазижидкого слоя (КЖС) воды на поверхности льда в достаточно широком интервале отрицательных температур.

Лед является одним из наиболее распространенных материалов в природе. Его необычные механические, электрические, тепловые и особенно поверхностные свойства определяют многие стороны нашей повседневной жизни. В частности, трудно переоценить правильное понимание и возможность управления такими свойствами льда, как адгезия, трение, разделение зарядов, смерзание микрористаллов и текучесть. Большинство этих свойств в той или иной



степени связано с процессами, происходящими на свободной границе льда, изучение которых было начато еще в позапрошлом веке Фарадеем. [1]

Изучив предметную область была поставлена задача определения зависимости физических свойств КЖС воды от его толщины. Для этого надо измерить толщину и узнать, как она изменяется при разной температуре. Просмотрев работы разных авторов, было выявлено разногласие в полученных ими результатах. У одного автора по результатам показаний при температуре 260К толщина составляет 0,5нм, а у другого такую толщину вычислили при 180К после чего толщина увеличивается. [2]

На данный момент, был выбран новый экспериментальный метод определения толщины КЖС на поверхности льда, основанный на явлении интерференции света на тонких пленках, так же разработана схема установки (Рис.1), с помощью которой будут производиться измерения.

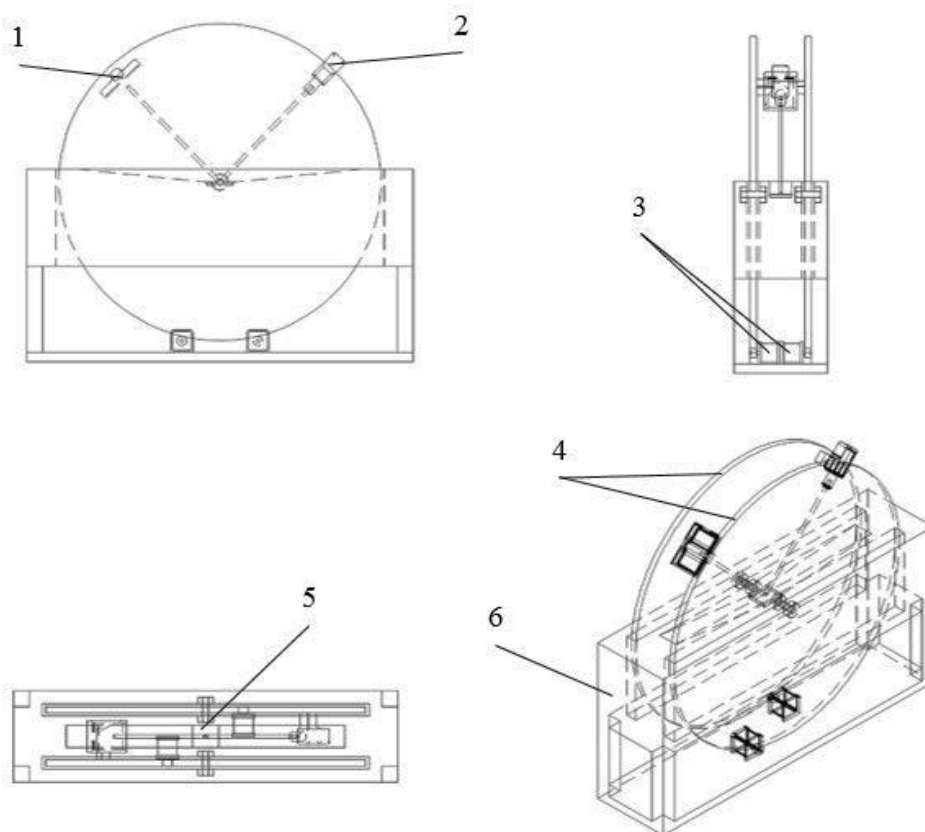


Рис. 1. Установка для измерения толщины КЖС воды на поверхности льда: 1- фотоматрица, 2-лазер, 3-шаговые двигатели, 4-диски, 5-исследуемый образец, 6- корпус

Фотоматрица и лазер зафиксированы на дисках-шестеренках так, чтобы всегда были направлены в центр при разном угле поворота. В центре находится образец льда. Шаговые двигатели задают угол падения луча. При измерении будет фиксироваться угол падения луча, при котором расстояние между максимумами интерференции будет максимальным, это нужно для более точного измерения.

1. Рыжкин И.А., Петренко В.Ф. Теория квазижидкого слоя льда, основанная на объемном фазовом переходе первого рода // ЖЭТФ. – 2009. – № 1. – С.77-81.
2. Копосов Г.Д., Тягунин А.В. Калориметрические исследования квазижидкого слоя на поверхности гранул льда // Письма в ЖЭТФ. – 2011. – № 5. – С.406-409.

## **TRAINING STAND WITH A VARIABLE STRUCTURE FOR STUDYING MICROCONTROLLERS**

Alexandrov A.O., Vdovin D.A., Petrukhnova G.V., Prutkova C.A.

Voronezh state technical university, Voronezh, Russia

E-mail: [gvpetruhnova@mail.ru](mailto:gvpetruhnova@mail.ru)

In connection with the rapid development of the electronic industry, the study of microcontrollers in technical universities is promising [1]. Training stand based on the microcontroller Atmega 16A is discussed. Its structure is changeable.

The presented training stand has a modular structure and is made in the form of a printed circuit board. It consists of a central microcontroller (MC) ATmega16A and internal modules, connected to the ports of the MC with the help of jumpers. There are additional external modules that can be connected to a special baseboard connector. There are Ethernet, JTAG and a programmer.

The board subsystems can be conditionally divided into four categories: data input modules, data output modules, data storage modules, support modules for internal peripherals.

For data input, three devices are used: a 4x4 keyboard, eight toggle switches and an external interrupts subsystem.

The output data subsystem is represented by an LCD display; dynamic indication, implemented on the basis of eight-segment indicators; eight LEDs and a generator of sound.

The storage subsystem consists of modules of volatile memory RAM and nonvolatile memory based on the microSD card.

The internal peripherals support subsystem consists of a voltage level converter between the UART MC and the COM port of the computer, a module for supporting the ADC and a temperature sensor.

The training stand structure is customizable. A user can select the desired configuration and implement the corresponding microprocessor system by installing the necessary jumpers. In addition, external peripheral devices of various complexity that do not included into the internal modules can be easily connected to the MC pins. Thanks to such capabilities, it is possible to simulate various microprocessor systems and to investigate them.



The presented stand allows providing the process of training future specialists in the field of development and adjustment of microcontroller systems in an accessible and simple form.

1. Microprocessor system, edited by D. V. Puzankova, Polytechnica. 2012.

## **ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ ТОРАКАЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР КРОВОТОКА**

Матросов Г.В., Новиков М.Ю., Бердников А. В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

Казанский национальный исследовательский технический университет

имени А. Н. Туполева, г. Казань, Россия

E-mail: [uhmahi@yandex.ru](mailto:uhmahi@yandex.ru)

## **INTRAOPERATIVE THORACIC BLOOD FLOW ANALYZER**

Matrosov G.V., Novikov M.Y., Berdnikov A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev, Kazan, Russia

The article is devoted to the solution of the problem of blood flow control in bronchial tissues during pneumonectomy operations. As a solution, the authors present a device that makes it possible to carry out this control with the necessary precision and satisfying the conditions of pneumonectomy operations. The authors focus mainly on the reliability of measurements, as well as on the convenience and ease of the device operation.

Хирургическое лечение рака легкого включает в себя этап резекции главного бронха. После проведения резекции просвет бронха перекрывается. Во избежание некротических процессов в культе бронха, чреватых образованием грозных осложнений в виде свищей [1], необходимо, чтобы одновременно с надежным перекрытием просвета бронха, в культе бронха наблюдался нормальный кровоток. Таким образом, ставится задача о достоверном интраоперационном контроле кровотока в тканях бронха. Разработанный авторами интраоперационный торакальный анализатор кровотока позволяет решить эту задачу.

Интраоперационный торакальный анализатор кровотока состоит из корпуса с держателем и закрепленной в держателе головки с возможностью возвратно-поступательного движения. На дистальном конце головки размещается датчик насыщения кислородом крови.

Прибор используется следующим образом: после полной резекции легкого, фотометрический датчик насыщения кислородом крови располагают на участке ткани культи бронха и прижимают к тканям бронха. Усилие прижима фотомет-

рического датчика измеряется тензометрическим датчиком. Сигнал с тензодатчика поступает в микроконтроллер. На основе сигнала, полученного с тензодатчика, микроконтроллер управляет током в обмотке электромагнита, расположенного в держателе. Электромагнит взаимодействует с постоянным магнитом, закрепленным на проксимальном конце головки, с такой переменной силой, что в каждый момент времени усилие прижима головки к ткани бронха находится в интервале  $0.7 \dots 0.8 \text{ Н/см}^2$ , что соответствует трансмуральному давлению. Такое усилие прижима является достаточным для корректной работы фотометрического датчика и при этом не вызывает нарушений кровотока на исследуемом участке [2]. Сигнал с фотометрического датчика, отраженный от границ исследуемой ткани и пропорциональный абсорбции излучения, обрабатывается и преобразуется в показатель оксигенации крови и график пульсовой волны, которые выводятся на стандартный прикроватный монитор. По наличию явно выраженных пульсаций кровотока и показателю оксигенации более 80% судят о функциональном состоянии культи бронха и состоятельности операционного шва [3].

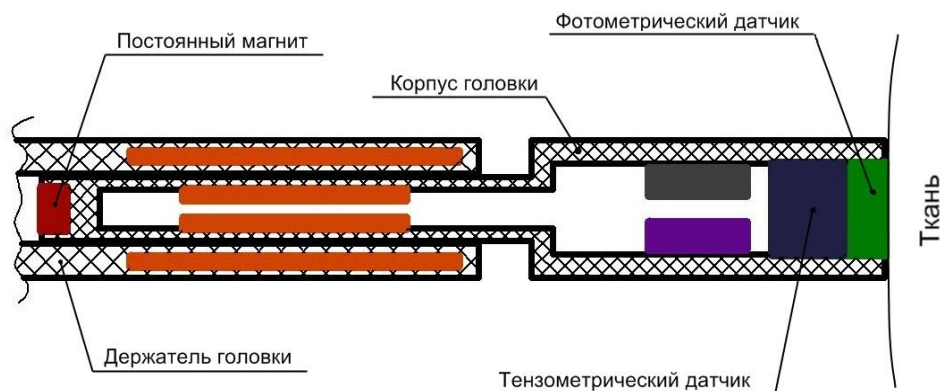


Рис. 1. Продольный разрез подвижной головки и части держателя.

Предложенный интраоперационный торакальный анализатор кровотока с возможностью стабилизации усилия прижима оптического датчика, применяемый при пневмонэктомии, позволяет заранее определить возможную несостоятельность культи бронха и снизить частоту развития бронхоплевральных свищей после операционного вмешательства за счет адекватного определения степени насыщения тканей кислородом.

1. Харченко В.П., Кузьмин И.В. Рак легкого. М (1994) 480 с.
2. Новиков М. Ю., Бердников А.В., Бурмистров М.В. Фотометрическая информационно-измерительная система контроля степени насыщения кислородом крови сосудов бронха при пневмонэктомии // Успехи современной науки, 4, 86 (2016).
3. Пат. RU 166 192 U1, МПК А61В 5/1455, А61В 5/026. Интраоперационный торакальный анализатор кровотока / Новиков М.Ю., Фишман К.Р. и др.; заявл. 30.03.16; опубл. 20.11.16, Бюл. № 32.

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИИ РЕЗЬБЫ**

Попова М.А.<sup>\*</sup>, Тыщенко И.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [mari.mashapopova@mail.ru](mailto:mari.mashapopova@mail.ru)

## **AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF THE GEOMETRY OF THREAD DEVELOPMENT**

Popova M.A.<sup>\*</sup>, Tyschenko I.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This abstract provides an overview of the development and the construction of non-contact automated control system of the geometry of thread. Few types of possible compositions are mentioned. In addition, the accuracy of measurements is discussed. The description of the main electrical circuit blocks is also given.

Для контроля элементов резьбы – шага, диаметров, формы профиля – применяются универсальные и специальные инструменты. Выбор того или иного инструмента зависит от типа резьбы и главным образом от ее точности. В первую очередь контролируются шаг, средний диаметр и форма профиля и затем уже наружный и внутренний диаметры [1].

При скоростном нарезании резьбы и нарезании резьбы в упор трудно вручную управлять процессом отвода резца от детали. Для этой цели применяется ряд приспособлений, облегчающих труд токаря и повышающих производительность – это, так называемые, системы контроля резьбы, разработка которых представляет из себя сложную и комплексную задачу.

Бесконтактная автоматизированная измерительная система контроля геометрии резьбы (далее по тексту «система») разрабатывается как комплексное средство измерения, предназначенное для установки в цехах, лабораториях, внедрения в конвейерные линии.

Система предназначена для комплексного измерения геометрических параметров профиля поверхности, в частности, резьбы труб и замковых муфт. С использованием системы обеспечивается 100% сканирование поверхности резьбы с высокой точностью, выявляются все виды брака. Результатом такого сканирования будет являться облако точек измеряемой поверхности в абсолютных величинах с требуемыми метрологическими характеристиками, а также геометрические параметры согласно применяемого на предприятии стандарта в табличной форме [2].

Наибольшее применение системы автоматического контроля резьбы находят в областях металлургии и нефтегазовой промышленности.

Авторы благодарят А.Н. Черепанова за предоставленную помощь в исследованиях.

1. Креопалова Г.В., Лазарева Н.Л., Пуряев Д.Т., Оптические измерения, М.:Машиностроение (1987).
2. Климков Ю.М., Прикладная лазерная оптика, М.:Машиностроение (1985).

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ОТНОШЕНИЙ ДЛЯ РЭС, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫЕ СИГНАЛЫ**

Готов В.В., Ромащенко М.А., Неклюдов А.Л.

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

\*E-mail: [yadik-livny@mail.ru](mailto:yadik-livny@mail.ru)

## **PECULIARITIES OF PHASOMANIPULATED SIGNALS FOR DECISIONS OF PROBLEMS OF ENERGY EMC SUPPORT**

Glotov V.V., Romashchenko M.A., Neklyudov A.L.

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

Annotation. The article discusses of the phase-manipulated signals for solving the problems of ensuring the EMC of RES.

Значение защитного отношения сигнал/помеха (ЗО) прямо или опосредованно используется практически во всех задачах, связанных с оценкой и разработкой организационных мероприятий обеспечения ЭМС. Учитывая перспективность применения простых и сложных фазоманипулированных сигналов в системах связи, телеметрии и управления и относительную простоту цифрового моделирования процессов манипуляции и деманипуляции подобных сигналов, была разработана методика расчета ЗО по высокочастотному тракту (ЗО ВЧ) и на промежуточной частоте (ЗО ПЧ) приемников фазоманипулированных сигналов, в том числе и сложных, с различными формами огибающей элементарной посылки.

Отличительной особенностью методики является использование свертки и пошагового сдвига формируемых гистограмм уровней откликов системы на мешающий и полезный сигналы, что обеспечивает определение ЗО с заданной точностью без проведения трудоемких расчетов по моделированию прохождения односторонних радиопомех с различными значениями уровня мощности, смещения по времени и фазе относительно полезного сигнала и пр. Существенное сокращение объема необходимых вычислений позволяет в приемлемые сроки определять значение ЗО для радиопомех, имеющих изменяемые во времени случайные характеристики, путем накопления необходимого объема статисти-

ческих результатов. При этом в реализованной методике под ЗО при заданных значениях параметров канала передачи информации полезного сигнала и помехи понимается минимальный уровень сигнала по отношению к уровню помехи, при котором вероятность сбоя из-за воздействия НРП не превышает заданного значения.

На рис. 1. представлена укрупненная схема процедуры определения ЗО согласно разработанной методике. Таким образом, разработанная методика определения ЗО позволяет без проведения натурных испытаний определять ЗО ВЧ и ЗО ПЧ для РЭС, использующих фазоманипулированные сигналы, относительно различных видов импульсных и непрерывных радиопомех на основе фазоманипулированных сигналов аналогичных полезным, ЛЧМ-сигналов, частотно-манипулированных сигналов, а также сигналов, манипулированных по частоте гармоническим или пилообразным напряжением.

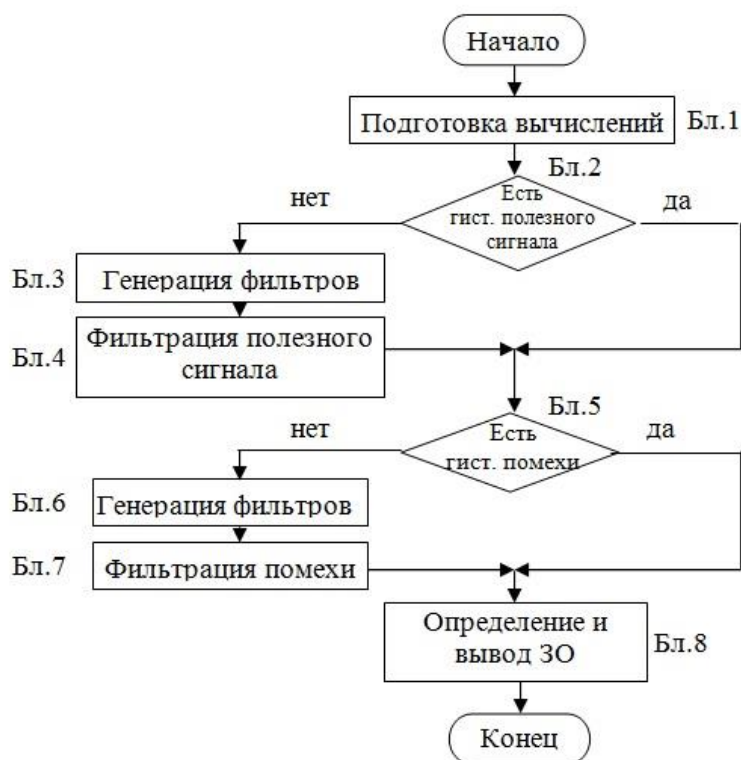


Рис. 1. Структурная схема процедуры определения ЗО

Программная реализация методики позволяет в приемлемые сроки определять значение ЗО при различных значениях отстройки для радиопомех, имеющих изменяемые во времени случайные характеристики, путем накопления необходимого объема статистических результатов. Использование методики позволило расширить перечень РЭС-ОВП, приведенных в таблице защитных отношений, и дополнить результатами, отличающимися от предыдущих на 4-12 дБ в сторону снижения требований по ЗО.

1. Пантелеев А.В., Летова Т.А. Методы оптимизации в примерах и задачах (2005).
2. Электронный каталог Лаборатория ЭМС. – Режим доступа: <http://www.emc-problem.net>
3. Ромащенко М.А. Вестник Воронежского государственного технического университета. Т. 7, № 4, с. 106-109. (2011).

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА РОЛИКОВОГО ПОДШИПНИКА**

Глотов В.В.

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

\*E-mail: [yadik-livny@mail.ru](mailto:yadik-livny@mail.ru)

## **MODERN METHODS OF VIBROACOUSTIC DIAGNOSTICS**

Glotov V.V.

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

Annotation. The article discusses of the modern methods of vibroacoustic diagnostics.

Специфика виброакустической диагностики зарождающихся дефектов заключается в подходе, базирующемся на анализе изменений свойств виброакустических процессов, в том, что виброакустический сигнал работающего механизма содержит всю информацию о взаимодействии его деталей. Вопрос состоит в том, как извлечь из него информацию о состоянии определенного узла и локализовать возникшую неисправность [1]. Большой уровень помех и сравнительно малые изменения полезного сигнала определяют специфику поиска информативных диагностических признаков, чувствительных к развивающемуся дефекту и инвариантных к мешающим факторам [2].

Изучение свойств виброакустических процессов, сопровождающих функционирование роторных механизмов и механизмов циклического действия, показало, что при появлении неисправности меняется структура сигнала, т.е. меняется соотношение между его компонентами или появляются новые [3]. Это хорошо видно на примере математической модели возбуждения колебаний кинематического звена подшипника качения, показанного на рис., представленной в виде суперпозиции квазиполигармонических и шумовых процессов.

С учётом принципов теоретической радиотехники разработана математическая модель виброакустического сигнала, учитывающая особенности виброакустических сигналов от различных типов дефектов, а также влияние на параметры виброакустического сигнала таких специфических факторов, как радиальная нагрузка подшипника, технологические зазоры и смазка.



На основе математического анализа и экспериментальных данных подготовлены практические рекомендации по проектированию и оптимизации радиотехнической системы виброакустической диагностики.

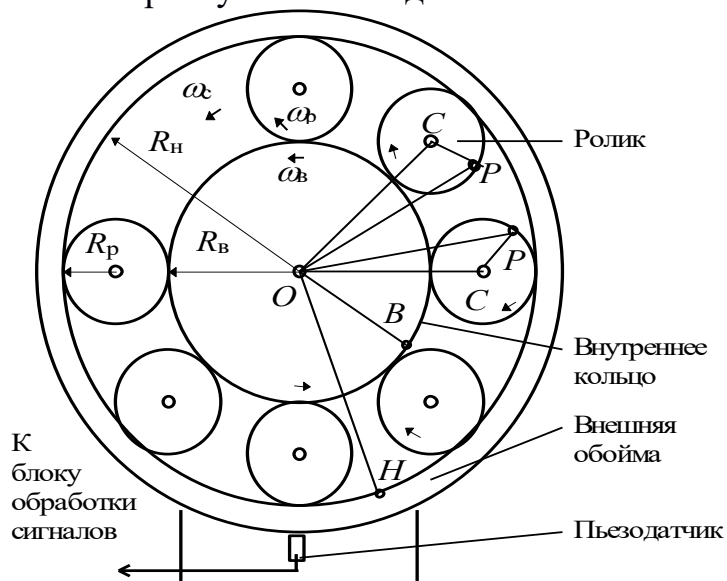


Рис. 1. Эскиз механизма роликового подшипника

Практическая ценность работы заключается в конкретных рекомендациях по проектированию и оптимизации радиотехнической системы виброакустической диагностики, а также в том, что применение предлагаемой методики в промышленности позволяет значительно снизить затраты на разработку и производство специализированных систем виброакустической диагностики машин и механизмов, что делает экономически эффективным внедрение систем виброакустической диагностики в производственный процесс.

1. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2001. – 656с.: ил.
2. Гречинский Д. А., Ковальский В. И., Дудченко И. А. Современное состояние и тенденции совершенствования средств виброзащиты изделий и средств функциональной диагностики. Дефектоскопия и вибродиагностика. Сб. Трудов НИКИМП.-М., 1988. С. 102-106.
3. Купер Дж., Макгиллем К. Вероятностные методы анализа сигналов и систем. – М: Мир. - 1989. - 376 с

# ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ВЛАГИ В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ

Поволоцкий И.И.<sup>\*</sup>, Волосников Д.В., Скрипов П.В.

ФГБУН Институт теплофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [iliyapov@rambler.ru](mailto:iliyapov@rambler.ru)

## THERMOPHYSICAL MONITORING OF MOISTURE IN HYDRAULIC LIQUIDS

Povolotskiy I.I.<sup>\*</sup>, Volosnikov D.V., Skripov P.V.

Institute of Thermal Physics UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The technique of fast thermal control has been applied for the examination of samples of hydraulic liquids with a water content from 0,1 to 3,5 %. Appropriate operating modes of the measuring device were found.

В работе исследовались три основных типа современных тормозных жидкостей на основе гомологов этиленгликоля: dot 3, dot 4, dot 5.1. Важнейшими эксплуатационными характеристиками тормозных жидкостей являются температура кипения и ее зависимость от влагосодержания. Последнее является критическим параметром безопасной работы тормозной системы и характеризует минимально допустимое значение установившейся температуры кипения жидкости в зависимости от абсорбированной влаги, содержание которой не должно превышать 3,5 объемн.%. При кипении тормозная жидкость насыщается пузырьками пара, что может приводить к отказу тормозной системы [1].

Большинство тестеров качества тормозной жидкости осуществляет оценку её электропроводности: чем больше в тормозной жидкости воды, тем выше электропроводность. Такой способ проверки тормозной жидкости недостаточно точен, так как данные тестеры имеют только три диапазона приблизительного содержания воды: минимальный, допустимый и аварийный диапазон [2].

Целью исследования служила проверка возможности применения метода термоимпульсного зондирования [3] для определения типа тормозной жидкости и уровня её обводнения, а также возможности определения аварийного уровня влагосодержания в диапазоне единиц процентов.

Методика двухимпульсного теплового тестирования вещества позволяет осуществлять контроль опасного уровня влагосодержания в смазочно-охлаждающих технологических жидкостях в широком диапазоне изменения концентрации. Изюминка метода – наличие высокой чувствительности перегретых состояний вещества к малым добавкам летучих примесей.

В работе был проведен мониторинг процесса обводнения семи образцов гидравлических жидкостей в течение полусуток и предложен способ термоконтроля влаги в тормозных жидкостях.



*Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 16-08-00381 и проекта комплексной программы Уральского отделения РАН № 18-2-2-3.*

1. Джерихов В. Б., Автомобильные эксплуатационные материалы, СПбГАСУ (2010).
2. Носова Е. В., Вестник ИрГТУ., 10, 178 (2015).
3. Шангин В.В., Волосников Д.В., Сафонов В.Н. и др. Приборы, 5, 6 (2012).

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХ РАДИОСЕТЯМ СТАНДАРТА IEEE 802.11N**

Матыцин А.Н.<sup>1\*</sup>, Лагунов А.Ю.<sup>1</sup>, Орлов А.В.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

<sup>2)</sup> Архангельский колледж телекоммуникаций Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций имени проф.М.А.Бонч-Бруевича, Архангельск, Россия

\*E-mail: [thececlioco@gmail.com](mailto:thececlioco@gmail.com)

## **STUDY OF INTERFERENCE TO IEEE 802.11N STANDARD RADIO NETWORKS**

Matysin A.N.<sup>1\*</sup>, Lagunov A.J.<sup>1</sup>, Orlov A.B.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

<sup>2)</sup> Arkhangelsk College of Telecommunications, branch office of Saint-Petersburg Bonch-Bruevich's State University of Telecommunications, Arkhangelsk, Russia

Annotation. Inefficient network operation is a frequent phenomenon in many enterprises and public places. To eliminate this problem, a method was developed for allocating access points, taking into account all the factors and phenomena that affect its operation.

В современном мире ни одна организация и предприятие не может обойтись без беспроводной компьютерной сети. Наиболее распространенным стандартом беспроводных сетей сегодня является стандарт IEEE 802.11n. Оборудование данных сетей, согласно стандарту IEEE, работает в диапазоне 2,4 и 5 ГГц и способно передавать данные со скоростью до 300 Мбит/с. Но так как сеть Wi-Fi имеет свои недостатки, то при проектировании сети необходимо учесть множество факторов, влияющих на неё [1].

В процессе исследования были выявлены факторы, влияющие на сеть в большей и меньшей степени: распространение беспроводного сигнала в помещении, особенности антенны устройства, помехи, вызываемые другими устройствами, правило трех децибел для зоны Френеля.

Так как распространение беспроводного сигнала в помещении может происходить путем отражения, преломления или дифракции в определенной среде, то

стоит учитывать, что помимо первичного сигнала присутствует и отраженный, преломленный или дифрагированный сигнал, что приводит к появлению задержки эха, которая в свою очередь влияет на эффективность сети.

Правильный выбор антенны и соединительного кабеля, является главным условием качественной работы беспроводной сети. Опыт эксплуатации аппаратуры беспроводного доступа показывает, что на качество связи в первую очередь влияет не выходная мощность или чувствительность устройства, а именно качество антенно-фидерного оборудования. На входе приемника действуют два вида шумов: шум, принимаемый приемником из эфира и шум внутренний, вызванный процессами в самом приемнике (тепловой шум). Именно тепловой шум является определяющим фактором чувствительности приемника. Поэтому важно, чтобы сигнал на входе приемника был как можно выше уровня этих шумов. Повысить соотношение полезного сигнала и шума на входе приемника возможно только с помощью антенны с большим коэффициентом усиления, поскольку антенна, будучи пассивным элементом, не содержащим активных усилительных приборов, не производит собственного шума, а только фокусирует полезный сигнал.

Рельеф, физические препятствия на местности влияют на распространение радиоволн, а, следовательно, и на качество принимаемого сигнала. Это могут быть деревья, строения, стены здания, двери, автомобили, книжные полки, предметы дизайна, и т.д. Учет зоны Френеля при установке и выборе типа антенн поможет избежать таких неприятностей, как например снижение скорости передачи.

Все выше представленные факторы всецело влияют на эффективность работы сети. Учитывая влияние этих факторов на зону покрытия, выведена методика расчёта наилучшего расположения точки доступа.

1. Lagunov A., Terekhin V., Orlov A., Wireless Network Enhancement in the Arctic by Selection of Dielectric Materials of Accommodations, 4th International Conference on Manufacturing Engineering and Technology for Manufacturing Growth (METMG 2017), p.p 57-62, DOI: 10.5729/metmg.2017.1.57 (2017).

# **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛОЙНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ЗАГОТОВКИ ИРИДИЕВОГО ТИГЛЯ В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ КОАКСИАЛЬНОЙ СИММЕТРИИ**

Рыбникова Ю.А., Смирнов Г.Б.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [yuliar862@gmail.com](mailto:yuliar862@gmail.com)

## **COMPUTER SIMULATION LAYERWISE FORMATION OF THE IRIDIC PREPARATION IN THE ELECTROLYSER OF COAXIAL SYMMETRY**

Rybnikova Y.A., Smirnov G. B.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Presents the results of computer simulation layerwise formation of the iridic preparation by the method of electroforming with simultaneous cleaning of the iridium source raw materials from impurities-platinum in the electrolyzer of coaxial symmetry of the parts: selection of prototype, a modernization of the algorithm and existing programs, as well as the computational experiments, processing and analysis of the data.

Поставлена и решена задача компьютерного моделирования послойного формирования заготовки иридиевого тигля в электролизере коаксиальной симметрии с целью получения осадка более высокой чистоты с одновременной очисткой исходного иридиевого сырья от примеси - платины в хлоридном расплаве.

Для этого была использована программа расчета электрического поля в данном типе электролизера [1], которая позволила рассчитать прирост осадка на цилиндрическом катоде с заданной объемной плотностью. Для поставленной задачи была выбрана плотность компактного иридия. При оценке остаточного загрязнения катодного осадка платиной учтена экспериментальная зависимость остаточного содержания платины в осадке от катодной плотности тока.

В настоящей работе проведена модернизация моделирующего пакета, которая дала возможность учесть послойное формирование осадка при изменении катодной плотности тока в ходе электролиза, что позволило определить распределение примеси в различных точках осадка.

В электролизе регулирующим воздействием на процесс электролиза было электрическое напряжение, которое в прототипе оставалось постоянным.

Имитационная реализация процесса в этом режиме позволила определить критическое загрязнение катодного осадка в ходе электролиза.

Анализ динамики роста осадка показал, что загрязнение появляется на конечных стадиях процесса из-за повышения плотности тока в связи с уменьшением межэлектродного сопротивления. С целью решения проблемы загрязнения предложено в ходе электролиза ступенчато снижать напряжение на ванне.

На рисунке 1 показан результат вычислительного эксперимента по ступенчатому изменению напряжения на ванне, которое позволило получать на катоде осадок без критического загрязнения платиной. Зоны недопустимого загрязнения, при котором тигель будет проплавлен в ходе эксплуатации, имеют темный цвет. Предполагается механическая доводка изделия с удалением загрязненной части.

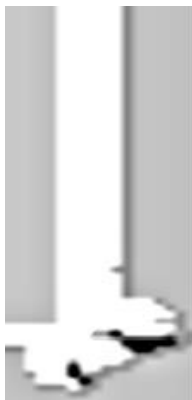


Рис. 1. Результат вычислительного эксперимента на цилиндрической катодной матрице. Слева ось симметрии электролизёра

1. Смирнов Г. Б., Фокин А. А., Маркина С. Э., Вахитов А. И. Оптимизация процесса роста катодного осадка в электролизере — рафинере коаксиальной симметрии методом имитационного моделирования //Расплавы, № 5, 78–83, (2014).

## **ОПЫТ ПРЕПОДАВАНИЯ РОБОТОТЕХНИКИ СТУДЕНТАМ РАЗНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

Рудаков Г.А.<sup>\*</sup>, Шкарапута А.П., Поляков В.В., Гагарина Д.А.

<sup>1)</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
г. Пермь, Россия

\*E-mail: [vsem\\_xoy@mail.ru](mailto:vsem_xoy@mail.ru)

## **THE EXPERIENCE OF TEACHING ROBOTICS TO THE STUDENTS OF VARIOUS SPECIALTIES**

Rudakov G.A.<sup>\*</sup>, Shkaraputa A.P., Polyakov V.V., Gagarina D.A.

Perm State University, Perm, Russia

In this work we describe the experience of teaching the Basics of Robotics and Intellectual Systems course to the students of various specialties using an original modality. Along with that, the results of collection of applications, students graduate works defence and feedback are processed and presented. We observed evident interest to study Robotics among all kinds of applicants. By the end of the course the relevant number of students who do not study exact sciences remained the same 16 %.

Робототехника – область науки, объединяющая физику, математику и инженерию, позволяющая создавать устройства от промышленных роботоманипуляторов и роботов-саперов до умного дома и роботов-пылесосов[1, 2]. Но интерес к этой области шире её применимости. Мы экспериментально изучили степень заинтересованности и обучаемость людей разного образования и интересов на базе Центра робототехники и интеллектуальных систем ПГНИУ (Центр).

Обучение проходило на отладочной плате с микроконтроллером Arduino Mega 2560[3] и наборах с дополнительными электротехническими комплектующими, программирование – в компиляторе Arduino IDE.

Обучение на бесплатных курсах по основам робототехники и интеллектуальных систем делилось на 15-30 минут лекции и 90-105 минут практики, всего 42 часа, плюс месяц на подготовку собственного проекта (уч. план [vk.com/robotpsu](https://vk.com/robotpsu)).

Рис. 1 показывает распределение подавших заявки студентов ПГНИУ по направлениям – 70 % студентов изучают точные науки по специальности, а 30 % не являются студентами точных направлений.

По результатам входного контроля по основам электричества и программирования было отобрано 56 человек, из них 9 – студенты, не изучающие точные науки в качестве своей специализации, то есть 16%.

По окончании курса были защищены 21 проект 25 выпускников курса, из них 4 не изучают точные науки по специальности, то есть 16 %, что совпадает с таковым числом в начале курса.

В заключение хотелось бы отметить, что интерес к робототехнике широк и касается не только людей, связанных с точными науками. Данный формат обучения позволяет студентам не только приобрести знания и навыки в области робототехники, но и реализовать собственные цели, что увеличивает мотивацию и эффективность обучения.



Рис. 1. Диаграмма распределения заявок среди студентов ПГНИУ по факультетам.

1. Юревич Е.И., Основы робототехники, Ленинград Машиностроение Ленинградское отделение (1985).
2. Параскевов А.В., Левченко А.В., Научный журнал КубГАУ, 104(10) (2014).
3. Омельченко Е.Я., Танич В.О., Маклаков А.С., Карякина Е.А., Электротехнические системы и комплексы, 21 (2013).

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ЛЬДА

Фофанов А.С.<sup>1\*</sup>, Волков А.С.<sup>1</sup>, Лагунов А.Ю.<sup>1</sup>, Орлов А.В.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Северный (Арктический) Федеральный Университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

<sup>2)</sup> Архангельский колледж телекоммуникаций Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций имени проф.М.А.Бонч-Бруевича, Архангельск, Россия

\*E-mail: [andreiiinord@yandex.ru](mailto:andreiiinord@yandex.ru)

## THE STUDY OF THE STRENGTH PROPERTIES OF ICE

Fofanov A.S.<sup>1\*</sup>, Volkov A.S.<sup>1</sup>, Lagunov A.J.<sup>1</sup>, Orlov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

<sup>2)</sup> Arkhangelsk College of Telecommunications, branch office of Saint-Petersburg Bonch-Bruevich's State University of Telecommunications, Arkhangelsk, Russia

Annotation. The purpose of this work is to study the structure, physical and strength properties of ice. The strength properties of ice reflect the main features of hydrological and meteorological processes. We have developed and created an automated hardware-software system that makes it possible to test ice for strength.

Развитие современных арктических морских технологий требует создания новых ледокольных и транспортных судов, стационарных буровых установок и других специальных технических средств для эксплуатации в ледовых условиях. Для этого необходимо использовать экспериментальные методы изучения взаимодействия этих технических средств со льдом. Методы должны быть дешевыми и надежными.

При решении задач моделирования ледяного поля в лабораторных бассейнах становятся необходимыми предварительные исследования широкого круга вопросов, связанных с физико-механическими свойствами моделированного льда и соответствия этих свойств натурным льдам, технологиями определения этих свойств и методиками обработки результатов измерений. [1]

Исследование прочностных свойств льда необходимо также при изучении ледяного покрова как географического объекта. В прочностных свойствах ледяного покрова отражаются основные особенности гидрологических и метеорологических процессов, вследствие чего их изучение позволяет также решать не-



которые вопросы, связанные с исследованиями теплового баланса и гидрометеорологического режима морей полярных областей. [2]

Целью данной работы является изучение структуры, физических и прочностных свойств льда, выявление и прогнозирование существующих проблем в области их исследования и измерения, а также разработка аппаратно-программного комплекса для решения выявленных проблем.

Существующие технологии испытаний прочностных свойств льда являются далеко не полными, что требует их существенного расширения. Основные технологии испытаний являются преимущественно "ручными", разработка же автоматизированных методов ведется медленными темпами. Кроме этого, следует отметить, что большинство используемых технологий испытаний в настоящее время метрологически слабо обеспечены [1].

Нами был разработан и создан автоматизированный аппаратно-программный комплекс, позволяющий проводить испытания льда на прочность.

Аппаратно-программный комплекс (АПК) представляет собой экспериментальную установку (Рис.1), на испытательный стол которой помещается образец льда. Двигатель через передаточный механизм передает усилие на керн. В результате чего керн начинает оказывать давление на испытательный образец. Снимая показания с тензометрического датчика, мы регистрируем величину силы упругости, возникающей в образце. Сохранённые данные передаются в программу обработки и визуализации данных, в которой происходит математическая и статистическая обработка результатов и вычисление прочностных характеристик образца льда.

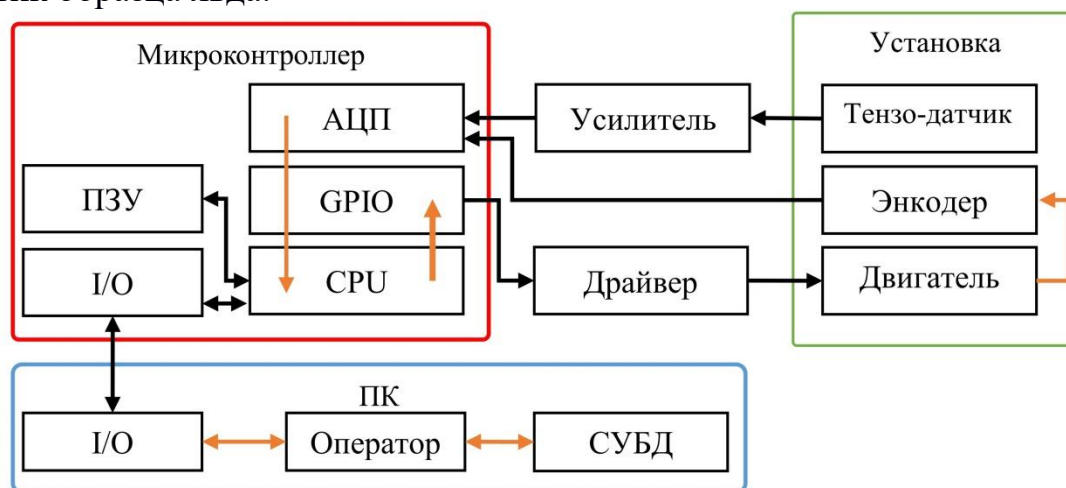


Рис 1. Функциональная схема АПК.

1. Степанюк И.А., Технологии испытания и моделирования морского льда, Гидрометеоиздат (2002).
2. Тышко К.П., Кристаллическое строение морского ледяного покрова, Гидрометеоиздат (2000).

## РАЗРАБОТКА ЛОКАЛЬНОЙ ПОВЕРОЧНОЙ СХЕМЫ ДЛЯ УСТАНОВКИ ИЗМЕРЕНИЯ УЭС И УСЭС

Мехонцева Г.И.<sup>1</sup>, Гонтарь Л.А.<sup>1</sup>, Терентьев Г.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Уральский научно-исследовательский институт метрологии, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [mekhontseva.galina@yandex.ru](mailto:mekhontseva.galina@yandex.ru)

## THE DEVELOPMENT OF A VERIFICATION SCHEME FOR MEASURE INSTALLATION SER AND SLER

Mekhontseva G.I.<sup>1</sup>, Gontar L.A.<sup>1</sup>, Terentyev G.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Ural scientific research Institute of Metrology, Yekaterinburg, Russia

Abstract. In the research and production of semiconductor, materials widely used a 4-probe method of measuring the specific electrical resistance layer. URIM has developed the apparatus for measuring the samples of silicon single crystal. In order to certify this installation it is necessary to develop local calibration scheme.

В современной микроэлектронике широко применяют полупроводниковые материалы и многослойные структуры, на основе которых изготавливаются полупроводниковые приборы и микросхемы. Важным параметром, определяющим физические свойства полупроводниковых материалов, является удельное электрическое сопротивление (УЭС) и удельное слоевое электрическое сопротивление (УСЭС). Наиболее распространенным методом определения УЭС и УСЭС является четырехзондовый метод.

Четырехзондовый метод - размещение 4 тонких остро заточенных металлических зонда на плоскую поверхность полупроводника. Все четыре зонда расположены на одной прямой. Через внешние зонды 1 и 4 пропускают электрический ток от источника тока (ИТ), а между зондами 2 и 3 вольтметром ( $U$ ) измеряют разность потенциалов. Зная  $I_{1,4}$  и  $U_{2,3}$ , находят значение удельного сопротивления.

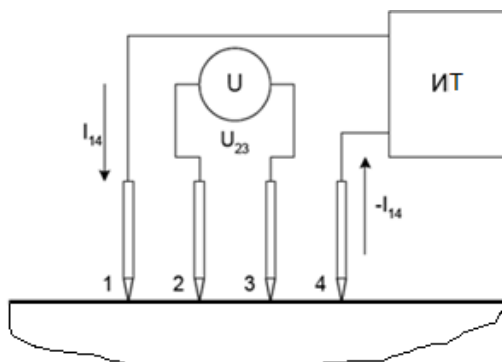


Рис. Схема измерения УЭС и УСЭС четырехзондовым методом



В настоящее время ФГУП «УНИИМ» разработал установку, оформляемую в качестве государственного эталона, и предназначенную для испытаний стандартных образцов (СО) и передачи размера единицы рабочим средствам измерений (СИ) УЭС и УСЭС кремния монокристаллического.

Для проведения первичной аттестации эталона разработана локальная поверочная схема. Поверочная схема для СИ – это нормативный документ, определяющий систему передачи размера единицы величины к рабочим СИ от исходного или государственного эталона. Поверочная схема определяет средства, методы и точность передачи размера определенной единицы величины.

Локальная поверочная схема является технической основой совершенствования системы обеспечения единства измерений УЭС и УСЭС СО кремния монокристаллического.

1. Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений", 2015
2. ГОСТ 8.061-80 ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение, ИПК Издательство стандартов, 2002
3. Павлов Л.П., Методы определения основных параметров полупроводниковых материалов, Высшая школа (1987).

## ELECTRONIC CONTROLLING AND PROCESSING SYSTEM FOR NITROAROMATIC SUBSTANCE DETECTION DEVICE

Serazetdinov A.R.<sup>\*</sup>, Khokhlov K.O., Baranova A.A., Chuvashov R.D.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>\*</sup>E-mail: [mrsuglikov@gmail.com](mailto:mrsuglikov@gmail.com)

An express determination of explosive stuff content in the gaseous matter conducted under on field conditions is reported to be an effective solution for general public safety related analysis. The essential growth of interest to such systems nowadays is stipulated by the increase of terrorist attacks in public places all over the world. Our current work is dedicated to designing the electrical circuitry for the device capable to determine the actual explosives stuff concentration in the gaseous volume by the single beam spectroscopy method [1].

The principle of device operation is described in [2]. As the detector is supposed to work in single shot mode, i.e. the actual output absorption spectral distribution will be derived in a single read cycle of light absorption detector, the demands to the circuitry might be described in terms of high sensitivity, high resolution, low power dissipation and capability to operate under temperature range from 290 K up to 320 K.

In the process of developing the circuitry, we accepted the solution of dividing the CCD image sensor signal detection and processing system into two separate functional blocks, namely analog front – end (AFE) and common digital signal processor (DSP) (Fig. 1). This solution enabled us to essentially increase the dynamic range of the signal converting electronic tract, implement efficient offset level reduction and hence improve temperature stability of the scheme. Moreover, as the conditions of measurements imply low demands on the digital circuitry bandwidth, the cost of the device might be substantially lowered by use of cheaper DSP/controller.

Increased temperature stability of the scheme was derived by use of Pelletier element (thermoelectric cooling) for the measurements being conducted under high temperature. The operating conditions of the element are controlled by DSP/controller through temperature gauge coupled with CCD image sensor. Moreover the choice of AFE implied embedded correlated double sample technique, which allows us to substantially reject  $kT/C$  noise of CCD cells.

As the light source for sample illumination we chose deuterium lamp. Deuterium lamp output spectra generally matches the spectral range needed for implied absorption measurements; also this spectra is very smooth (compared with analogue light sources) in considered region. This smoothness allowed us to essentially increase the dynamic range of ADC in the AFE. The switching and controlling circuitry has been implemented on the switching voltage converter with regulatory feedback of lamp anode current and cathode temperature. As an optional light source for visible measurements we also consider tungsten lamp.

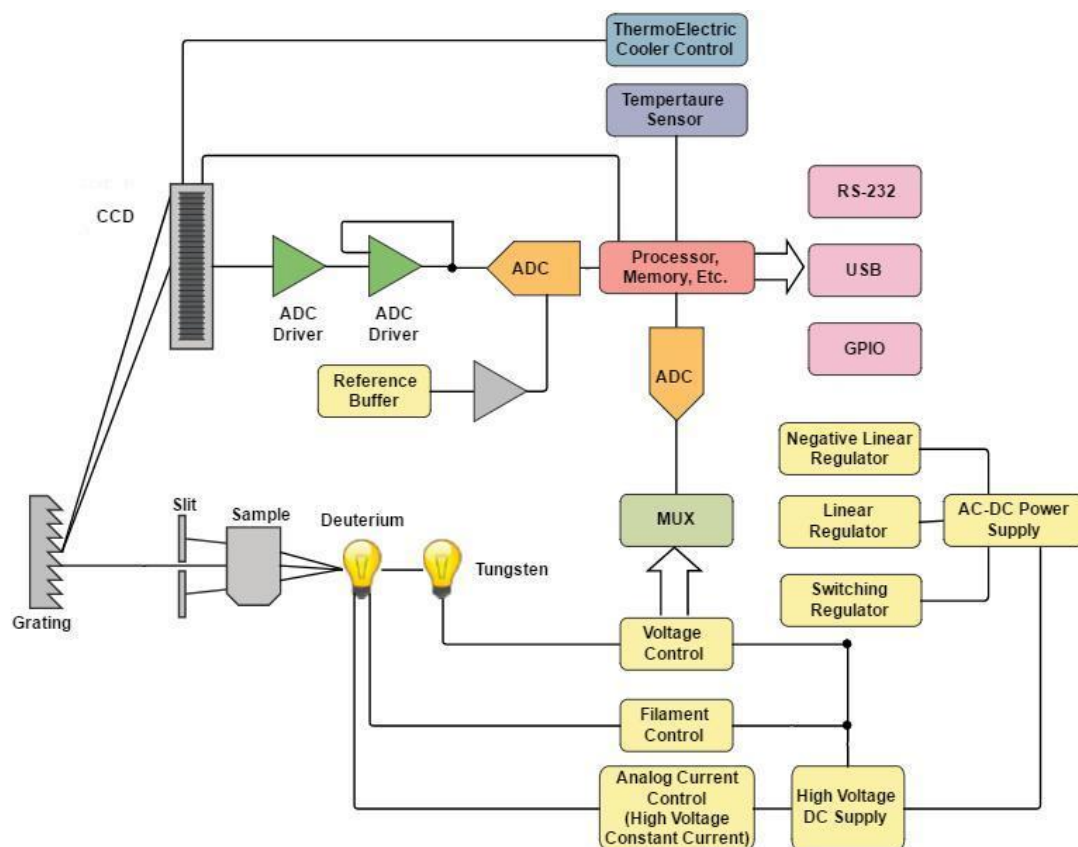


Fig. 1. General scheme of electronic controlling and processing system. ADC Drivers and ADC of electronic signal tract represent AFE. Tungsten light source is optional

On the current stage the project modules discussed have been implemented on the printed circuit boards and undergo test measurements.

1. Лакович Дж., Основы флуоресцентной спектроскопии, Мир (1986).
2. Baranova A.A., Khokhlov K.O., Journal of Physics: Conference Series, № 552., 1-6, (2014)

# НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ПОКАЗАНИЙ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ НЕЙТРОННЫХ ДОЗИМЕТРОВ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

Пышкина М.Д.\*, Никитенко В.О., Пономарева Е.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [maria1pyshkina@gmail.com](mailto:maria1pyshkina@gmail.com)

## UNCERTAINTIES OF PERSONAL NEUTRON DOSIMETERS READINGS AT WORKPLACES

Pyshkina M.D.\*, Nikitenko V.O., Ponomareva E.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Personal neutron dosimeters were calibrated with few reference neutron sources. These dosimeters were placed into operational fields. The comparison of dosimeters readings and “true” value of  $H_p(10)$  has shown poor agreement. The effective dose might be overestimate up to 10503%. It was revealed, that  $H_p(10)$  has better agreement with the effective dose in the anteroposterior geometry and not applicable for other geometries.

Нормативные документы в области обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия ионизирующего излучения устанавливают основные пределы доз облучения персонала и населения от искусственных (техногенных) и природных источников. Считается, что показания индивидуальных дозиметров, соответствующие индивидуальному эквиваленту дозы  $H_p(10)$ , являются адекватной оценкой эффективной дозы облучения персонала.

Цель работы - оценить неопределенность показаний индивидуальных дозиметров на рабочих местах.

В работе рассматривались два основных типа индивидуальных дозиметров нейтронного облучения, применяемых как на отечественных объектах, так и за рубежом: альбедный термoluminesцентный дозиметр (ТЛД), электронный прямопоказывающий дозиметр (ЭПД). Изначально для дозиметров определялся калибровочный коэффициент. В качестве калибровочных источников нейтронов были выбраны:  $^{238}\text{Pu}(\alpha, n)\text{Be}$ ,  $^{241}\text{Am}(\alpha, n)\text{Be}$ ,  $^{252}\text{Cf}$ ,  $^{252}\text{Cf}$  в железной оболочке,  $^{252}\text{Cf}$  в железной и полиэтиленовой оболочках,  $^7\text{Li-Be}$ . Затем дозиметры помещались в поле нейтронов, характерное для определенного рабочего места. Оценивалась неопределенность показания дозиметра от истинного значения  $H_p(10)$ . Анализ показал, что ТЛД очень чувствителен к разнице между калибровочным и рабочим спектрами. Неопределенность показаний ТЛД может находиться в диапазоне от -85 % (недооценка эффективной дозы) до +10503 % (переоценка эффективной дозы). ЭПД недооценивает эффективную дозу для высокоэнергетических рабочих полей, и переоценивает ее для рабочих полей с высоким содержанием рассеянных нейтронов. Неопределенность показаний ЭПД может

находиться в диапазоне от -47 % до +1121 %. Исследование адекватности оценки эффективной дозы с помощью  $H_p(10)$  показало, что наилучшее соответствие наблюдается в переднезадней геометрии, неопределенность составляет до 65%. В случае геометрии вращения, которая может рассматриваться как движение работника в поле нейтронов, неопределенность находится в диапазоне от +48 % до +201 %.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ МОДУЛЯ ВТОРИЧНОГО ПИТАНИЯ МП1515,5ВТВ**

Плетнев В.Ю.

Московский институт электроники и математики Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

E-mail: [vyupletnev@edu.hse.ru](mailto:vyupletnev@edu.hse.ru)

## **THE DESIGN OF DEVICE OF INPUT CONTROL FOR THE MODULE OF SECONDARY POWER SUPPLY МП1515,5ВТВ**

Pletnev V.Y.

Moscow institute of electronics and mathematics National research university  
"Higher school of Economics", Moscow, Russia

Annotation. This project is an overview of main stages for designing a device of input control for module secondary power supply МП1515,5ВТВ installed in on-Board equipment for space and military purposes.

Трехканальный источник вторичного электропитания в модульном исполнении МП1515,5ВТВ мощностью 15 Вт с питанием от сети постоянного тока, категория качества ВП, предназначен для применения в аппаратуре специального назначения.

Модуль вторичного питания нужен для понижения уровня подачи входного напряжения на электронную схему в аппаратуре радиосвязи.

Выходные характеристики модуля вторичного питания: 1-й канал - напряжение +5В, 2-й и 3-й каналы напряжение -  $\pm 15$ В. Так как модуль вторичного питания обеспечивает питанием электронную схему, то на выходных 3-х каналах присутствует какая-то нагрузка. Для проверки выходных характеристик необходимо подключение номинальной и максимальной нагрузки. Номинальная нагрузка обеспечивает режим работы модуля при включении в составе аппаратуры, максимальная - режим работы модуля с максимальным выходным током, заявленным в технических условиях.

Предполагается, что модуль вторичного питания будет вставляться в пазы-выводы будущего устройства входного контроля сверху. А пазы-выводы будут в

свою очередь соединяться с другими элементами и платами внутри устройства входного контроля. При подаче питания на всё устройство, тумблерами включаем подачу питания на плату управления и плату нагрузки. Устройство входного контроля готово к работе. При переключении тумблером режимов нагрузки (без нагрузки/максимальная нагрузка/номинальная нагрузка) на дисплее (уже оцифрованные значения напряжений на плате управления) показываются 3 характеристики 3-х выводных каналов модуля вторичного питания. В идеале должно показывать:

1. 1 канал  $+5\pm 0,1$  (Вольт).
2. 2 канал  $+15\pm 0,1$  (Вольт).
3. 3 канал  $-15\pm 0,1$  (Вольт).

Входе проекта были разработаны электрические принципиальные схемы платы нагрузки и платы питания (схема включения операционных усилителей, схема включения стабилизатора напряжения, согласование номинальной и максимальной нагрузки, схема включения микроконтроллера, схема включения дисплея). Дальнейшие этапы проектирование устройства входного контроля заключаются:

1. решение проблемы подключения питания операционных усилителей
2. подключение операционных усилителей в схемы платы питания
3. проектирование схемы в системе автоматизированного проектирования Altium Designer
4. сбор устройства входного контроля
5. тестирование устройства входного контроля и всех его входных/выходных параметров

При выполнении всех дальнейших этапов проектирования, я получу новое устройство входного контроля для тестирования трехканальных вторичных модулей питания МП1515,5ВТВ на предприятии АО «НИИ «Полус» им. М.Ф.Степана».

1. Трехканальный ИВЭП в модульном исполнении. Техническое условие ЖБКП.436634.005 ТУ. 30.12.2004

# **РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИБОРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ КЧСМ**

**Терёхин В.Д.<sup>1\*</sup>, Лагунов А.Ю.<sup>1</sup>, Орлов А.В.<sup>2</sup>**

<sup>1)</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, Россия

<sup>2)</sup> Архангельский колледж телекоммуникаций Санкт-Петербургского университета  
телекоммуникаций имени проф.М.А.Бонч-Бруевича, Архангельск, Россия

\*E-mail: [v.terehin@narfu.ru](mailto:v.terehin@narfu.ru)

## **DEVELOPMENT OF THE OPTICAL SYSTEM OF THE DEVICE FOR MEASURING CFFF RATE**

**Terekhin V.D.<sup>1\*</sup>, Lagunov A.J.<sup>1</sup>, Orlov A.V.<sup>2</sup>**

<sup>1)</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

<sup>2)</sup> Arkhangelsk College of Telecommunications (branch) Bonch-Bruevich Saint-Petersburg  
State University of Telecommunications, Arkhangels, Russia

Annotation. The work is devoted to the creation of the optical system of the instrument for measuring CFFF. This device forms an image on the retina in the best possible way.

Имеются многочисленные данные о зависимости значения критической частоты слияния мельканий (КЧСМ) от степени утомления организма человека. Установлено, что в развитии утомления, вызванного физической или умственной работой, основная роль принадлежит центральной нервной системе. В морской арктической медицине показатель КЧСМ используется довольно часто.

В ходе эксплуатации полихромного светодиодного блока для определения КЧСМ [1] был выявлен следующий недостаток: светодиоды находятся близко от роговицы глаза (24 мм), что приводит к тому, что нарушается баланс оптической системы и часть изображения проецируется на нерабочую часть сетчатки.

Для устранения данного недостатка были разработана новая оптическая система, которая учитывала особенности проецирования изображения в глаз человека.

Светоизлучающие очки (Рис. 1) представляют собой светоизолированные очки (1), в которых на расстоянии 10 см от зрачков расположено 3 точечных светодиода красного, зелёного и синего цветов (2). Благодаря формированию кристаллами светодиодов треугольника с длиной стороны меньше или равно 1,5 мм и использованию матового рассеивателя света (3), свечение всех светодиодов кажется точечным и это даёт возможность, с помощью регулирования яркости свечения каждого из светодиодов синтезировать любой цвет. Оптическая система построена так, чтобы формировать изображение на сетчатке глаза человека оптимальным образом.

Тестирование светоизлучающих очков с прибором для определения КЧСМ [1] и сравнение результатов с промышленными результатами выявило расхож-



дение в полученных данных. Это было связано с тем, что светодиоды имеют нелинейную вольтамперную характеристику. Поэтому их питание должно осуществляться стабильным током. В связи с этим была осуществлена разработка нового программно-аппаратного комплекса, который формирует высокостабильный ток питания светодиодов. Это гарантирует многолетнюю и безотказную работу светодиодов и постоянный световой поток в оптической системе прибора.

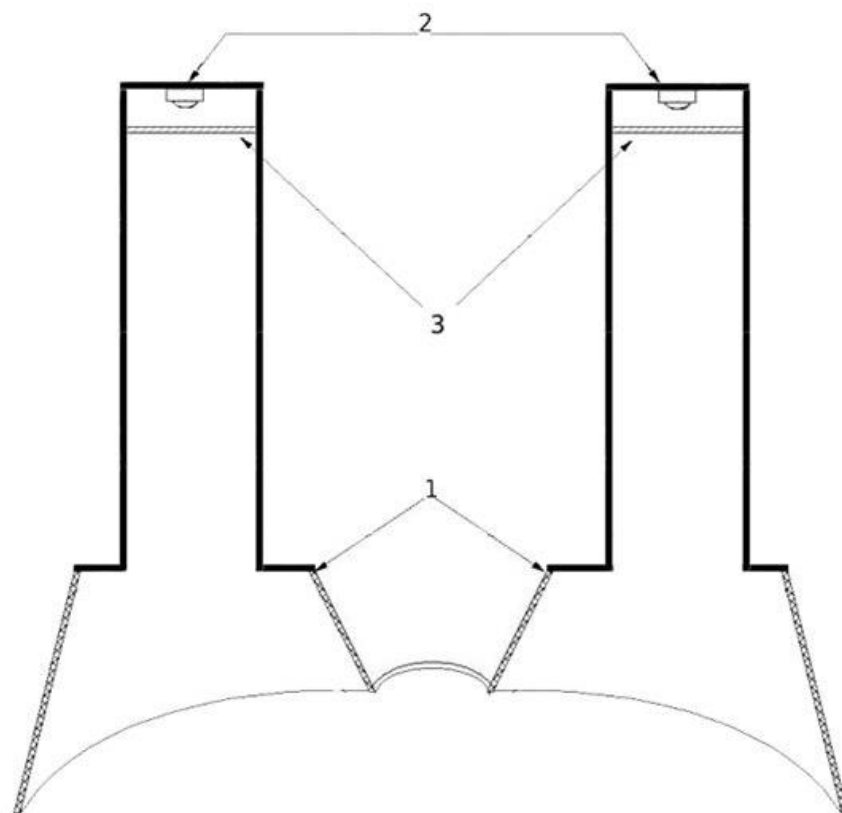


Рис. 1 Светоизлучающие очки

1. Lagunov A., Morozova L., Fedin D., Podorjnyak N., Polychromatic LED box for measuring CFFF, Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), 2015 IEEE 8th International Conference on , vol.2, no., pp.682-687 (2015) doi: 10.1109/IDAACS.2015.7341390.



# ДАТЧИК ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ

Тыщенко И.С.<sup>\*</sup>, Попова М.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [igor@tyshchenko.me](mailto:igor@tyshchenko.me)

## SENSOR OF DEVIATION FROM LINEARITY

Tyschenko I.S.<sup>\*</sup>, Popova M.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This abstract gives an overview of the development of an optoelectronic sensor for deflecting from straightness, and proposes solutions to these problems. In addition, the requirements for the optical reference system and the characteristics of the photosensor are discussed. The final system has a high measurement accuracy and has a competitive cost, which will ensure its advantage over other solutions.

Измерение отклонения различных изделий, узлов и механизмов от эталонной оси задаваемой лазером является трудной и востребованной технологической задачей. В данной работе описан процесс разработки оптической системы датчика отклонения от прямолинейности как первичного сенсора различных автоматизированных измерительных приборов и систем. Результатом измерения является мгновенное значение отклонения базовой оси измеряемого объекта от эталонной оси или базовой оси системы в двух координатах [1].

На данном этапе разработано общее техническое устройство прибора, которое заключается в следующем: в качестве эталона при измерениях используется лазерный луч. Луч направлен на фотоэлектрический датчик, который перемещается вдоль оси лазерного луча. Прибор регистрирует горизонтальные и вертикальные смещения центра датчика относительно луча, которые регистрируются контроллером и передаются на записывающее устройство. Датчик помещается в каждую точку измерений, полученные значения отклонений регистрируются. По окончании процедуры две любые точки на опорном луче принимаются за нулевые, значения в остальных точках пересчитываются относительно новой базовой линии. Возможно добавление новых точек к существующим или удаление любой точки. При задании величины смещения значения во всех точках будут автоматически пересчитаны.

На рисунке 1 представлена схема измерения отклонения от прямолинейности, проектируемым датчиком, где 1 – опорный лазерный излучатель, 2 – регистрирующее устройство, 3 – фотоэлектрический датчик,  $P_1$  и  $P_2$  – точки на контролируемой поверхности, в которых проводятся измерения.

Кроме фотоэлектрического сенсора для реализации высокочастотного датчика необходим также опорный лазер. Требования, к которому будут обсуждаться в планируемой статье.

Приемник датчика основан на базе PSD фотосенсора с двухсторонним расположением электродов. Данный сенсор представляет собой полупроводниковый кристалл, на верхней и нижней поверхности которого взаимно перпендикулярно расположены две пары полосковых электродов. Фототок, возникающий в месте падения светового пятна на поверхность сенсора, разделяется на две входных и две выходных компоненты. Распределение выходных токов определяет положение координаты  $Y$ , а распределение входных – координаты  $X$  положения светового пятна.

Возможности применения датчика очень обширны: известны применения в различных отраслях промышленности (фармацевтическая, химическая и т.д.) для правильной выставки станков и механизмов, в металлургии.

На сегодняшний день в России утеряна практика создания оптических средств измерений, в частности, датчиков отклонения от прямолинейности, а существующие зарубежные аналоги обычно либо слишком дороги, либо недостаточно точны для выполнения поставленных перед ними задач.

Авторы благодарят А.Н. Черепанова за предоставленную помощь в исследованиях.

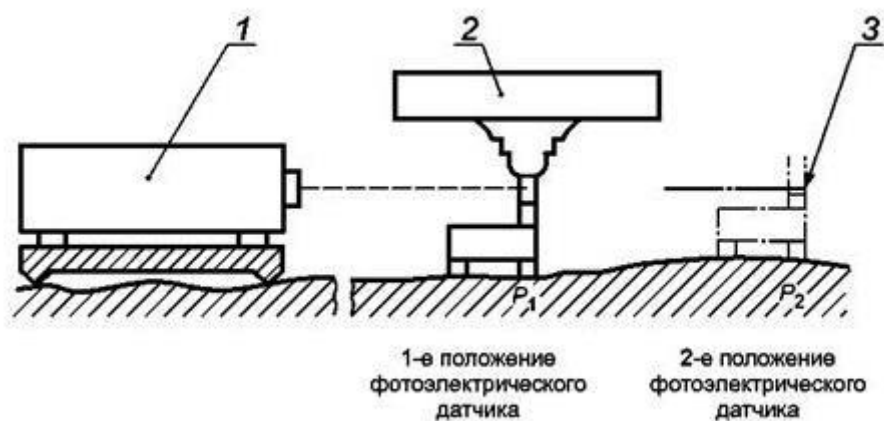


Рис. 1. Общее техническое устройство прибора.

1. Креопалова Г.В., Лазарева Н.Л., Пуряев Д.Т., Оптические измерения, М. :Машиностроение (1987).

# РАЗРАБОТКА ДАТЧИКА ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ

Тыщенко И.С.<sup>\*</sup>, Попова М.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [igor@tyshchenko.me](mailto:igor@tyshchenko.me)

## SURFACE PROFILE SENSOR DEVELOPMENT

Tyschenko I.S.<sup>\*</sup>, Popova M.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This abstract gives an overview of the of development of an optoelectronic surface profile sensor (primary sensor of various measuring instruments and systems) designed for non-contact measurement and control of surface profile, position, recognition of technological objects, construction of 3D models. The description of the chosen design solution and the scheme of operation of the optical system is given.

Датчик профиля поверхности оптоэлектронный разрабатывается как первичный сенсор различных измерительных приборов и систем. Датчик предназначен для бесконтактного измерения и контроля профиля поверхности, положения, перемещения, размеров. С использованием датчиков обеспечивается сканирование измеряемой поверхности с высокой частотой и точностью. Результатом сканирования является облако точек измеряемой поверхности в абсолютных величинах с требуемыми метрологическими характеристиками расположенных в системе координат датчика [1].

На данном этапе работы разработано конструктивное решение датчика. В рамках планируемой статьи разрабатывается двумерный триангуляционный датчик, который выполняется в классической однокорпусной компоновке со встроенным высокоскоростным вычислителем. Такой датчик способен выдавать массив координат измеряемого объекта в абсолютных координатах без дополнительного внешнего вычислителя. Основная задача, решаемая триангуляционным датчиком – это бесконтактное определение расстояния до объекта измерения, но на основе одного или нескольких лазерных триангуляционных датчиков могут быть реализованы лазерные 2D/3D измерители профиля, лазерные 3D сканеры, а также системы распознавания.

На рисунке 1 представлена структурная схема датчика. Ее условно можно разделить на три части: излучающий канал, контролируемая поверхность, приемный канал.

Первая часть схемы – излучающий канал, который состоит из источника излучения и объектива, который формирует зондирующий пучок на контролируемой поверхности. В качестве источника излучения, как правило, используется лазерный диод. Вторая неотъемлемая часть схемы лазерного триангуляционного датчика – это контролируемая поверхность. Рассеяние зондирующего излу-

чения поверхностью контролируемого объекта используется в триангуляции как физическая основа для получения информации о расстоянии до этой поверхности. Третья часть схемы лазерного триангуляционного датчика – приемный канал, который состоит из проецирующего объектива и фотоприемника.

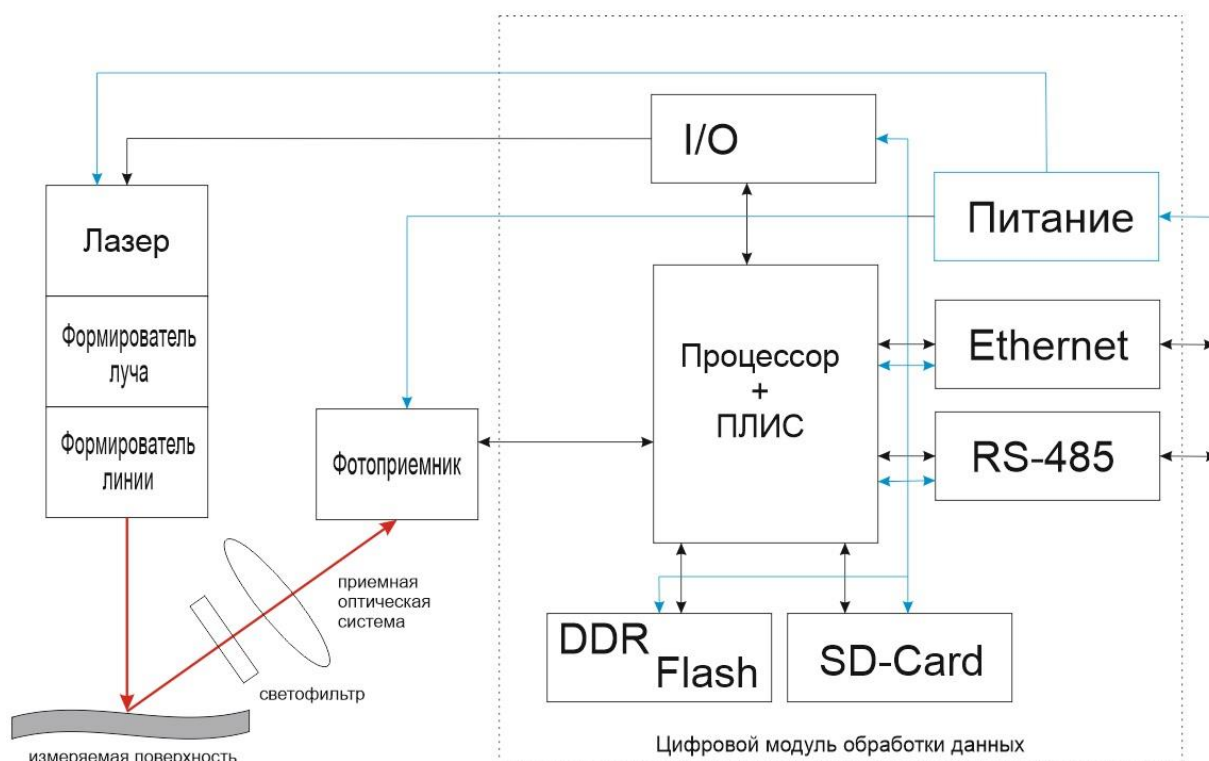


Рис. 1. Структурная схема датчика.

Проецирующий объектив формирует изображение зондирующего пятна в плоскости фотоприемника. Чем больше диаметр  $D$  объектива, тем выше его светосила, тем интенсивнее и качественнее строится изображение пятна. Данные с датчика поступают в цифровой модуль обработки данных, где в дальнейшем производится их фильтрация и с помощью программных средств вычисляются искомые параметры.

Применение датчика возможно в следующих областях: различные отрасли промышленности (пищевая, фармацевтическая, химическая и т.д.), металлургия, нефтегазовая промышленность, приборостроение.

Авторы благодарят А.Н. Черепанова за предоставленную помощь в исследованиях.

1. Креопалова Г.В., Лазарева Н.Л., Пуряев Д.Т., Оптические измерения, М.: Машиностроение (1987).

## ПРИБОР ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ НИТРОСОЕДИНЕНИЙ

Чувашов Р.Д.<sup>1\*</sup>, Хохлов К.О.<sup>1</sup>, Вербицкий Е.В.<sup>1,2</sup>,  
Баранова А.А.<sup>1</sup>, Серазетдинов А.Р.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Постовский институт органического синтеза, РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [chuva.rd.13@gmail.com](mailto:chuva.rd.13@gmail.com)

## DEVICE FOR NITROAROMATIC SUBSTANCE DETECTING AND IDENTIFICATION

Chuvashov R.D.<sup>1\*</sup>, Khokhlov K.O.<sup>1</sup>, Verbitsky E.V.<sup>1,2</sup>,  
Baranova A.A.<sup>1</sup>, Serazetdinov A.R.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Postovsky Institute of Organic Synthesis, Ural Branch of the Russian Academy  
of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Annotation. Designing and modeling of optic-related part of device for nitroaromatic substance detection are described.

Приборы для поиска следовых количеств нитросоединений востребованы для поиска угроз, обусловленных несанкционированным использованием взрывчатых веществ. Одним из важных качеств продукта является информативность данных для оператора, упрощающая процесс поиска и принятия решения при досмотре. Способные к обнаружению и идентификации нитросоединений приборы более ценны по сравнению с детекторами, определяющими только присутствие взрывчатки в воздухе.

Предложена концепция прототипа прибора, способного к обнаружению и идентификации паров взрывчатых веществ в воздухе. В прототипе роль сенсора играет флуоресцентный полимер, реагирующий тушением флуоресценции при контакте с молекулами нитросоединения. Изменения в спектре поглощения сенсорного вещества являются основой для определения веществ. Идентификация вещества в приборе происходит через сравнение с информацией в референтной базе данных.

Для анализа люминесценции применён спектрометр на основе оптической схемы Черни-Тёрнера. Исследуемый спектральный диапазон от 200 до 400 нм. Связанные с диспергирующим элементом расчёты направлений лучей в схеме выполнены в программной среде Python. Через выбор параметров зеркал и схемотехнические решения были сокращены оптические aberrации. На основе спектральных характеристик оптических элементов для схемы проведён энергетический расчёт и расчёт ожидаемой спектральной характеристики схемы. Для

монтажа схемы предложен снижающий уровень шумовой засветки регистрирующего элемента вариант корпуса, изготовленный при помощи 3D-печати.

Результаты проектирования предназначены для выбора оптических компонентов прототипа и их монтажа в корпусе.

1. А.А. Баранова, К.О. Хохлов, И.Н. Анцыгин, Шульгин Б.В. *Многоканальная система для обнаружения паров взрывчатых веществ*. Проблемы спектроскопии и спектрометрии, вып. 35, стр. 70-9, 2016г.
2. Samuel W. Thomas III, John P. Amara, Rebekah E. Bjork, Timothy M. Swager, *Amplifying fluorescent polymer sensors for the explosives taggant DMNB*, Communication, 2005.
3. Патент РФ №2013155413/28, 12.12.2013. *Модуль непрерывного обнаружения следовых количеств взрывчатых веществ в воздухе* // Патент России №146272, 2014, Бюл. №28. / Зырянов Г.В., Копчук Д.С., Ковалев И.С., Хохлов К.О., Хохлов Г.К., Чупахин О.Н.
4. И.В. Пейсахсон. *Оптика спектральных приборов*. Изд. 2-е, доп. и перераб., Л., 1975.
5. Зарубский А.А., Цыганенко Н.М., Чернова А.П. *Спектральные приборы. Учебное пособие*. СПб., 2007.

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ДЛЯ ПГУ ВЦГ

Южаков И.В.<sup>\*</sup>, Левин Е.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [uzhakov.ivan@yandex.ru](mailto:uzhakov.ivan@yandex.ru)

## SIMULATION DEVELOPMENT COMBUSTION CHAMBER ON CCGT IGCC

Uzhakov I.V.<sup>\*</sup>, Levin E.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In this paper, the combustion chamber (CC) model for the syngas combustion is designed. The input parameters of the input data, which have the greatest effect on the processes inside the CC, are considered. As a result, a combustion chamber model was obtained that meets the requirements for environmental friendliness and safety of the gas turbine plant.

Для снижения материальных и временных затрат при разработке новых энергетических установок часто применяется компьютерное моделирование. Особенно эффективными являются модели ресурсоемких технологий, одной из



которых является камера сгорания (КС) парогазовой установки (ПГУ) с внутрицикловой газификацией (ВЦГ).

В качестве прототипа моделируемой камеры сгорания была принята КС MHPs M701DA [1], спроектированная для сжигания природного газа. На основании характеристик прототипа были выбраны параметры входных сред для CFD-моделирования КС: степени закрутки, температуры на входе, коэффициент избытка воздуха, состав топлива.

Наиболее важными характеристиками камер сгорания являются равномерность температурного поля и низкий уровень концентрации оксидов азота на выходе из КС, что связано с требованиями по эксплуатации газовых турбин (ГТУ) и экологическими требованиями к энергетическим установкам [2]. На основании этого в результате моделирования требовалось получить камеру сгорания с малой температурной неоднородностью и низким содержанием оксидов азота в выходном поперечном сечении КС.

В процессе CFD-моделирования были оптимизированы заданные входные параметры путем исследования их влияния на температурное поле и концентрацию оксидов азота в выходном сечении при неизменности остальных параметров процесса.

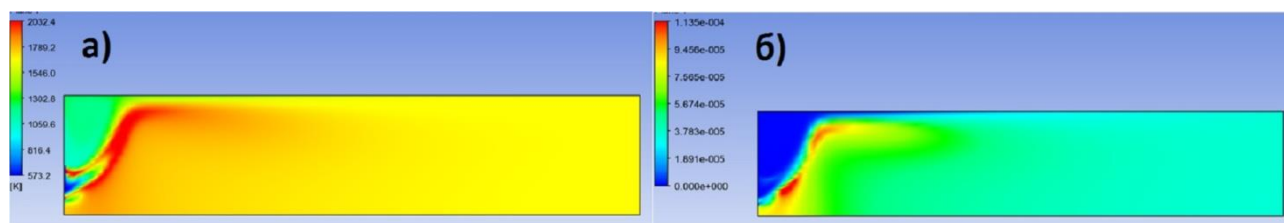


Рис. 1. Моделирование камеры сгорания: а) температурное поле, б) поле концентрации оксида азота в продольном сечении КС

По результатам данной работы была получена модель камеры сгорания с температурой продуктов сгорания на выходе из КС равной  $1419^{\circ}\text{C}$  и коэффициентом температурной неравномерности не превышающим 2.9%, что удовлетворяет требованиям ГТУ. Значения концентраций оксидов азота на выходе из КС составили 33,6 ppm, что соответствует экологическим требованиям.

Проведено исследование технологических и экологических характеристик камеры сгорания при переменной нагрузке в диапазоне 15-110 % от номинальной.

1. K. Tanaka, K. Nishida, W. Akizuk Mits. Heavy Ind. Tech.Rev., 46, 6 (2009)
2. ГОСТ 29328-92. Москва: Изд. станд-в (1992)



# **РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

Харитонов К.И.<sup>\*</sup>, Сарычев М.Н.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [konsthr@gmail.com](mailto:konsthr@gmail.com)

## **DEVELOPMENT OF HIGH-FREQUENCY MEASURING SYSTEM OF ULTRASONIC EXPERIMENTAL INSTALLATION**

Haritonov K.I.<sup>\*</sup>, Sarychev M.N.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The abstract is devoted to the development of measurement system of ultrasonic installation based on phase detection principle and allowing to measure relative sound velocity and attenuation changes in the frequency range of 30 – 300 MHz

Ультразвуковая измерительная установка используется для измерения зависимости ослабления амплитуды и изменения скорости звуковых колебаний при прохождении через образцы и расчета физических констант образцов на основании результатов измерений. Установка построена по схеме сходной с описанной в [1], однако имеет более простое внутреннее устройство и нуждается в меньшем числе измерительных каналов, благодаря использованию фазового детектирования на смесителе вместо квадратурного.

Целью работы являлось создание высокочастотной измерительной системы, способной измерять ослабление амплитуды и скорости звуковых колебаний на частотах 30 – 300 МГц при минимальной длительности ультразвуковых импульсов 1 мкс.

Принципиальная схема установки представлена на рисунке 1.

Измерительная система (ИС) с помощью смесителя производит перемножение эталонного сигнала, идущего непосредственно с генератора, с сигналом, проходящим через исследуемый образец. Фильтр нижних частот позволяет получать на входе аналого-цифрового преобразователя напряжение пропорциональное косинусу разности фаз сигнала, непосредственно подаваемого на смеситель с прошедшим через образец и амплитуде проходящего через образец сигнала. Таким образом становится возможно измерять ослабление сигнала образцом. А учитывая, что разность частот ультразвуковых колебаний при постоянстве фазы пропорциональна разности их скоростей, автоподстройка частоты с помощью пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора позволяет измерять изменение скорости ультразвуковых волн в образце.

Авторы благодарят профессора В.В. Гудкова за предоставленную помощь.

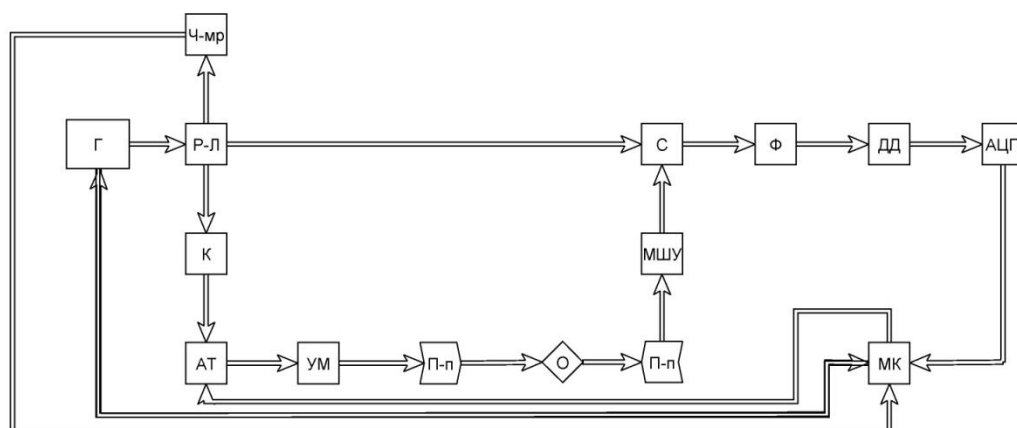


Рис. 1. Блок-схема ИС, где Ч-мр – частотомер; Г - генератор; Р-Л – радиочастотный разветвитель; К - ключ; АТ - аттенюатор; УМ – усилитель мощности; П-п пьезопреобразователь О; исследуемый образец; МШУ – малошумящий усилитель; С – смеситель сигналов; Ф – фильтр; ДД – дифференциальный драйвер АЦП; АЦП – аналогово цифровой преобразователь; МК – микроконтроллер.

1. Luthi B., Physical Acoustics in the Solid State, Springer (2005).

## К АНАЛИТИЧЕСКОМУ СИНТЕЗУ ПИ-РЕГУЛЯТОРОВ

Захватов В.И.

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: [v.zakhvatov@bk.ru](mailto:v.zakhvatov@bk.ru)

## TO THE ANALYTICAL DESIGN OF PI-CONTROLLERS

Zakhvatov V.I.

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia.

Annotation. Considered the possibilities of symbolic computation in the design of automatic control systems. An example of analytical synthesis of PI-controllers is given.

В развитие известных алгебраических методов синтеза управляемых систем рассматривается аналитический подход путем символьного решения систем нелинейных алгебраических уравнений методами компьютерной алгебры [1].

Стандартная постановка задачи синтеза регуляторов методом численного решения линейных полиномиальных уравнений относительно комплексной переменной  $p$ , для объекта с передаточной функцией  $W_0(p) = B(p)/A(p)$  и эталонного полинома  $C(p)$ , задающего желаемый характеристический полином (ХП) системы управления, коэффициенты которых заданы в численном виде, состоит в следующем [2]. Требуется найти значения неизвестных параметров регулятора  $W(p) = Y(p)/X(p)$ , приводящего к совпадению свойств замкнутой системы с желаемым эталоном. Полиномиальное уравнение синтеза (1) решают

в численном виде относительно неизвестных полиномов регулятора  $X(p), Y(p)$ :

$$A(p)X(p) + B(p)Y(p) = C(p) \quad (1)$$

Новая постановка задачи синтеза в символьной форме состоит в замене численных значений параметров объекта  $W_0(p)$  и эталона  $C(p)$  на аналитические эквиваленты [3]. Рассмотрим пример аналитического синтеза ПИ-регулятора для линейной системы общего вида с биномиальным желаемым ХП.

Пусть объект имеет передаточную функцию второго порядка в нормированной форме записи:  $W_0(p) = k \frac{b_2 p^2 + b_1 p + 1}{a_2 p^2 + a_1 p + 1}$ , а ПИ-регулятор:  $W(p) = \frac{mp+n}{p}$ . Желаемый ХП системы выберем в виде бинома Ньютона:  $C(p) = (p + \lambda)^3$ . Устойчивость системы обеспечивается условием  $\lambda > 0$ . Величина коэффициента  $\lambda$  задает требуемое быстродействие и полосу пропускания системы. Для расчета искомых параметров настройки регулятора  $m, n$  в функции параметров объекта и значений коэффициента  $\lambda$  желаемого ХП, составим систему нелинейных алгебраических уравнений (2), путем сравнения коэффициентов при одинаковых степенях переменной  $p$  в левой и правой частях уравнения синтеза (1):

$$\begin{aligned} a_1 + k(b_1 m + b_2 n) - 3\lambda(a_2 + b_2 k m) &= 0 \\ k(m + b_1 n) - 3\lambda^2(a_2 + b_2 k m) + 1 &= 0 \\ kn - \lambda^3(a_2 + b_2 k m) &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Первые два уравнения в (2) позволяют найти аналитические выражения для коэффициентов настройки  $m(\lambda)$  и  $n(\lambda)$  ПИ-регулятора. Результат решения в Mathcad:

$$\begin{bmatrix} m(\lambda) \\ n(\lambda) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{3a_2 b_1 \lambda - 3a_2 b_2 \lambda^2 + b_2 - a_1 b_1}{k(3b_2^2 \lambda^2 - 3b_1 b_2 \lambda + b_1^2 - b_2)} \\ \frac{3(a_2 b_1 - a_1 b_2) \lambda^2 + 3(b_2 - a_2) \lambda + a_1 - b_1}{k(3b_2^2 \lambda^2 - 3b_1 b_2 \lambda + b_1^2 - b_2)} \end{bmatrix}$$

Из третьего уравнения в (2) можно найти ограничения на параметры объекта и регулятора, гарантирующие устойчивость системы:  $\lambda = \left( \frac{kn}{a_2 + b_2 km} \right)^{\frac{1}{3}} > 0$ .

Приведенный пример показывает, что принцип символьного решения нелинейных полиномиальных уравнений, в отличие от известных численных методов, открывает широкие возможности в решении задач прямого аналитического синтеза регуляторов. Можно пересчитывать настройки в контроллере по формулам в темпе переходных процессов, управляя их длительностью, при произвольных значениях параметров объектов, минуя численные процедуры синтеза.

1. Дьяконов В.П. Энциклопедия компьютерной алгебры. - М.: ДМК Пресс, (2009).
2. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. Линейные модели. -М.: Наука, (1987).
3. Захватов В.И. Развитие алгебраических методов синтеза систем управления // Некоторые вопросы анализа, алгебры, геометрии и математического образования. № 5-1. С. 133-134, (2016).

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО МАТЕРИАЛА В ВОЗДУХОВОД КОТЛА**

Зинуров В.Э.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

E-mail: [vadd\\_93@mail.ru](mailto:vadd_93@mail.ru)

## **RESEARCH OF TRANSPORTATION OF FINELY DIVIDED MATERIAL TO THE COPPER AIR DUCT**

Zinurov V.E.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

Annotation. Results of pneumotransportation of finely divided material to a copper air duct by means of the developed batcher.

Системы и устройства пневматического транспорта мелкодисперсных материалов нашли широкое применение в таких отраслях промышленности, как угольная, химическая, энергетика, сельское хозяйство, строительство и др., в которых они являются неотъемлемой частью многих технологических процессов [1].

Сыпучие, штучные и волокнистые материалы в системах пневмотранспорта перемещаются под действием воздуха. Преимуществами пневматического перед другими видами механического транспорта являются: возможность применения при различных условиях, простота, легкость и дешевизна обслуживания и ремонта, отсутствие движущихся частей и сложных механизмов, обеспыливание перемещаемых материалов.

Особый интерес представляет использование пневмотранспорта в энергетическом комплексе, а именно для осуществления операций по транспортированию присадки в камеру сгорания на ТЭС.

На настоящий момент времени предлагается использовать присадку к мазуту в виде обезвоженного карбонатного шлама водоподготовки, позволяющую связывать серу, содержащуюся в топливе в процессе его сгорания, тем самым уменьшая низкотемпературную (сернокислотную) коррозию поверхностей нагрева и выбросы оксидов серы в атмосферу.

Целью настоящей работы является исследование процесса транспортирования мелкодисперсного материала по мере выдувания частиц из емкости и произвести анализ влияния пониженного давления на выходном отверстии устройства на пневмотранспортирование материала.

Для исследования была построена модель емкости с разработанным устройством. Чтобы получить закономерности изменялись давление  $P_1$  на входном отверстии 1 в пределах 1,01 – 1,1 бар,  $P_2$  на выходном отверстии 2 в пределах 0,8 – 0,95 бар. Также задавались некоторые постоянные параметры: массовый расход

частиц 0,05 кг/с; начальная скорость частиц 0 м/с; температура воздуха 20°C. Физико-химические показатели шлама водоподготовки: диаметр частиц  $d_p = 100$  мкм, плотность частиц  $\rho_p = 4000$  кг/м<sup>3</sup>. В ходе исследований были приняты допущения: концентрация твердого компонента исключает взаимодействие между частицами, влияние частиц на движение несущей среды не учитывается [2].

На рис. 2 представлена зависимость массовой концентрации  $\mu$  от давления  $P_2$  на выходном отверстии. Отмечается не совсем логичная закономерность: по мере роста давления  $P_2$  происходит увеличение массовой концентрации  $\mu$ . Однако снижение перепада давления на входном 1 и выходном 2 отверстиях должно уменьшать концентрацию аэросмеси, выдуваемой из емкости. Наиболее высокие значения массовой концентрации  $\mu$  наблюдается на второй линии при давлении  $P_1$  на входном отверстии равным 1,05 бар. Создание давления  $P_1$  больше или меньше 1,05 бар понижает эффективность устройства.

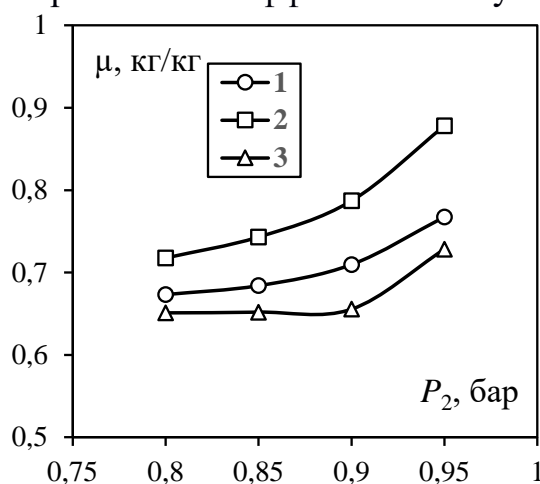


Рис. 1. . Зависимость массовой концентрации  $\mu$  от давления  $P_2$  при различных давлениях  $P_1$ , бар: 1 – 1.01, 2 – 1.05, 3 – 1.1

Созданное пневмотранспортное устройство позволяет осуществлять транспортирование мелкодисперсного материала в труднодоступных местах, обеспечивая высокую защиту воздуха от попадания в него частиц транспортируемого материала, и является экономически рентабельным в использовании.

1. М.Н. Чальцев, С.В. Войцеховский, Вестник автомобильно-дорожного института, 1(2), 54-58 (2006).
2. А.А. Кузнецова. Современные проблемы науки и образования, 3, 164 (2012).

# МОДУЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ В УСТРОЙСТВЕ КОРРЕКЦИИ ЗРЕНИЯ АВТОРЕФРАКТОТРЕНЕР

Путимцев И.Д.\*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [iputimtsev@mail.ru](mailto:iputimtsev@mail.ru)

## AUTOMATIZATION MODULE IN SIGHT TRAINING SYSTEM AUTOREFRACTOTRAINER

Putimtsev I.D.<sup>1\*</sup>

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Autorefractotrainer is innovative system which will be the most effective method to increase sight sharpness due to automatization of training and feed-back in each procedure which will influence on patient's compliance. Automatization system which described in this article will help to increase doctor's productivity (one person can operate more than one equipment) as one procedure's effectiveness. System includes controller, lenses and drivers, which change distance between lenses.

Проект «Аutoreфрактотренер» включает в себя создание инновационного тренажера коррекции зрения. Использование прибора позволит достичь лучших результатов при лечении по сравнению с методами, широко используемыми в офтальмологии за счет автоматизации процесса тренировки зрения.

Цель проекта – создание тренажера коррекции зрения, позволяющего восстановить зрение без использования оперативного вмешательства, что очень важно для пациентов с противопоказаниями к операциям (пациенты младше 18 лет, пациенты с противопоказаниями по заболеваниям: сахарный диабет, онкологические заболевания.)

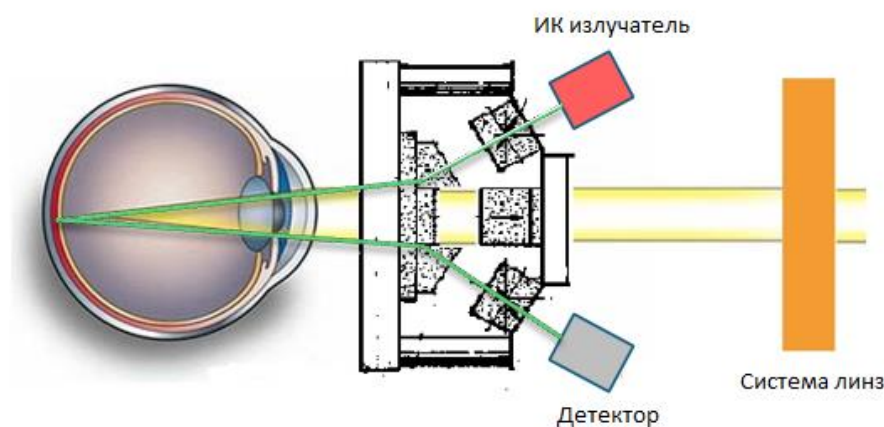


Рис. 1. Устройство авторефрактотренера.



В авторефрактотренере использован автоматизированный метод плавного напряжения мышц хрусталика глаза за счет малого шага изменения оптической силы линз. Наличие обратной связи позволит получать объективные данные о прохождении процесса Тренировки зрения. Автоматизация процесса проведения процедуры позволит исключить человеческий фактор в процессе тренировки зрения, что делает использование данного метода более эффективным. Индивидуальный подход позволяет выбирать интенсивность исходя из степени заболевания и индивидуальной предрасположенности к возможностям развития и улучшения зрения позволяя исключить перенапряжение зрительного аппарата. Лечение гиперметропии, миопии, астигматизма, пресбиопии при использовании инновационного метода.

## **A ROBOTIC COMPLEX FOR POWER LINES DIAGNOSTICS**

Kuzmenko A.D., Voronin S.S., Ogorodnikov A.I. \*

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

\*E-mail: [a.i.ogorodnikov@urfu.ru](mailto:a.i.ogorodnikov@urfu.ru)

A robotic complex was designed (Fig.1) for automatic power lines diagnostics. It consists of helicopter-like air robot vehicle, wheeled platform and diagnostic devices. The platform of the robotic complex allows the device to fly like a drone device and go by the high voltage wires without flipping over. The robotic complex is capable of scanning its path, make a trace map of its environment, find the defects, record and send data. In addition, the complex can take off from the ground, sit down on the wires and move from one location to another by the air in full automatic mode.

The propeller group was designed to provide the required carrying capacity of the complex. The design allows the complex to dock to a lightning protection cable. The platform and the equipment is balanced, so that the center of gravity of the complex lay on the vertical central axis of symmetry below the wires.

The quadro-scheme was implemented into the carbon-fiber frame. Along the frame there are two mount points for any equipment with a control module placed above. In addition, the wheel module is placed from below in the center. From the bottom there are two pairs of chassis connected with the batteries. On the perimeter of the platform there is a stretched nylon cable on special "horns" to prevent the contact between propellers and the wires of the power line.

The final configuration of the complex weights 7,3 kilograms, and the takeoff weight is 12 kilograms. Thanks to the presence of two batteries with total capacity of 16 A\*h the complex has an autonomous flight time of 10 minutes. It means that the complex, when moving in the "takeoff-landing" mode from one power line support to



another, can pass about 13 power line supports, which is equivalent to 2 hours of work and 2,5 km of the line.

In conclusion, the complex will be upgraded in the near future after several improvements of autonomous working time and other parameters.



Fig.1. Robotic complex for power lines diagnostics

# ГЕНЕРАТОР ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАГРЕВА ФЕРРОМАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ

Игнатенко М.А.<sup>1\*</sup>, Щербинин С.В.<sup>1,2</sup>, Сафронов А.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт Электрофизики УрО РАН, Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [ignatenko\\_mihail@mail.ru](mailto:ignatenko_mihail@mail.ru)

## AC GENERATOR FOR FERROMAGNETIC LIQUID HEATING INVESTIGATION

Ignatenko M.A.<sup>1\*</sup>, Shcherbinin S.V.<sup>1,2</sup>, Safronov A.P.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> Institute of Electrophysics, Yekaterinburg, Russia

Ferromagnetic liquids are used in medicine for investigation of hyperthermia research. At present, a number of studies of processes simulating hyperthermia in samples based on ferromagnetic liquids and ferrogels have been carried out at the IEP of the UrB RAS jointly with UrFU. The dependence of the amount of heat in a ferromagnetic liquid on the frequency and on the amplitude of an alternating magnetic field at different concentrations of magnetite nanoparticles is considered.

Ферромагнитные жидкости представляют собой коллоидные системы из наночастиц, обладающих ферромагнитными или ферримагнитными свойствами и находящихся в несущей жидкости, чаще всего в воде.<sup>[1]</sup>

Ферромагнитные жидкости находят применение в горнорудной промышленности, электронике, авиакосмической и оборонной промышленности. Значительный интерес представляет применение феррожидкостей в медицине для исследования гипертермии.

Лечение опухолей и язв прогреванием применяется в медицине с доисторических времен. Однако с развитием нанотехнологий в биохимии стал возможен транспорт наночастиц к определенным органам и даже клеткам организма с последующим нагревом наночастиц внешним переменным электромагнитным полем. Перспективным направлением в лечении некоторых раковых заболеваний является доставка к зараженным клеткам наночастиц магнетита и нагрев их переменным магнитным полем частотой сотни килогерц до температуры, при которой раковые клетки погибают, – так называемая, гипертермия. Наиболее важно при гипертермии выдержать такие температуру и время прогрева, при которой окружающие здоровые клетки выживут.<sup>[2]</sup> В настоящее время в ИЭФ УрО РАН совместно с УрФУ проведен ряд исследований процессов, моделирующих гипертермию в образцах на основе ферромагнитных жидкостей и феррогелей.

Серьезные требования предъявляются также к индуктору, обеспечивающему нагрев наночастиц магнетита в определенной среде. Настоящая работа посвя-

щена созданию индуктора на основе генератора синусоидального напряжения частотой до 200 кГц и амплитудой до 150 В и соленоида, обеспечивающего переменное магнитное поле в образце амплитудой до 20 эрстед.

В работе рассмотрена зависимость выделяемого количества теплоты в ферромагнитной жидкости от частоты и от амплитуды переменного магнитного поля при различной концентрации наночастиц магнетита.

1. Xuman Wang, Hongchen Gu, Zhengqiang Yang, The heating effect of magnetic fluids in an alternating magnetic field, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 293 (2005).
2. Gunnar Glockl, Rudolf Hergt, et al. The effect of field parameters, nanoparticle properties and immobilization on the specific heating power in magnetic particle hyperthermia, Journal of Physics: Condens. Matter **18** (2006) S2935–S2949.

## **ИСТОЧНИК ТОКА ДЛЯ ДИОДНОЙ НАКАЧКИ Nd:YAG ЛАЗЕРОВ**

Дуброва А.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [dubrova1995@mail.ru](mailto:dubrova1995@mail.ru)

## **CURRENT SOURCE FOR DIODE-PUMPED Nd:YAG LASER SYSTEMS**

Dubrova A.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The object of investigation is the source of diode pumping current for a Nd:YAG laser. This source is necessary for pumping diode modules for pumping the solid-state laser.

Данная работа посвящена разработке источника тока диодной накачки для Nd:YAG лазера. На сегодняшний день все больше разработок и исследований проводится в области диодной накачки твердотельных лазеров. Известно, что у твердотельных лазеров с диодной накачкой выше эффективность, надежность, а также выше качество лазерного излучения по сравнению с накачкой ламповой.

В связи с ростом доли лазеров с диодной накачкой и переходом с ламповой на диодную накачку, возникла необходимость в разработке источника тока, что является одной из актуальных задач лазерной техники на данный момент.

При разработке источника тока для диодной накачки на первом этапе была разработана блок-схема устройства, впоследствии была разработана принципиальная схема устройства, следующим этапом был расчет принципиальной схемы и выбор элементной базы. Данный источник необходим для накачки диод-

ных модулей, которые, в свою очередь, осуществляют накачку твердотельного лазера.

По результатам работы был разработан регулируемый стабилизатор тока. Выходной ток полученного стабилизатора может достигать 35 А.

Разработанный источник накачки применяется для проведения экспериментов и дальнейшего использования с Nd:YAG лазером. Проверка работы источника тока и работы диодной накачки проводилась в режиме моноимпульса и в режиме свободной генерации.

## **ВЫБОР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ДО 500 ММ**

Ибрагимова Л.А., Ибатуллин В.И.

<sup>1)</sup> Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань

### **SELECTION OF MEANING MEASUREMENT OF LINEAR SIZES UP TO 500 MM**

Ibragimova L.A., Ibatullin V.I.

<sup>1</sup> Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan

Abstract: In the work the means of measurement, which are applied in the OGMetr KAZ named after S.P. Gorbunov - a branch of PJSC "Tupolev", to check the linear dimensions up to 500 mm, their advantages and shortcomings are shown.

КАЗ им.С.П. Горбунова – филиала ПАО «Туполев» одно из крупнейших предприятий авиационной промышленности России. На сегодняшний день КАЗ включает в себя широкий спектр сфер деятельности по производству, ремонту и техническому обслуживанию авиационной техники. Одной из главных задач производства является выпуск продукции с заданным уровнем качества, что предполагает постоянное метрологическое сопровождение всех технологических процессов.

Точный контроль поверхности обеспечивается с помощью приборов, специального назначения [1].

На производстве применяются следующие СИ, как:

1. Меры – это СИ, предназначенные для воспроизведения физической величины заданного размера, которые различают на:

- плоскопараллельные концевые меры длины, предназначенные для непосредственного измерения линейных размеров;

- угловые меры, которые служат для хранения и передачи единицы плоского угла, проверки и градуировки угловых приборов, для контроля угловых изделий;

2. Измерительные инструменты (микрометрические головки, глубиномеры, нутромеры, штангенциркули);

3. Измерительные приборы (имеющие две или более механических передач, или сочетание оптической и механической передач, или сочетание одной, или нескольких оптических передач: аптечные весы, электронные часы, линейка и т.д.);

4. Калибр-скоба (средство контроля, воспроизводящее геометрические параметры элементов изделия, определяемые заданными предельными или угловыми размерами);

5. Также применяются различные машины, которые обеспечивают точность. Например, профилометр (модель 1700622), который предназначен для измерения параметров шероховатости поверхности по системе средней линии в соответствии с диапазонами значений, предусмотренными ГОСТ 2789-73. Действие профилометра основано на принципе ощупывания неровностей измеряемой поверхности щупом индуктивного датчика – алмазной иглой в процессе перемещения датчика вдоль измеряемой поверхности с постоянной скоростью, преобразования перемещения щупа в аналоговый электрический сигнал с дальнейшей обработкой сигнала в электронном блоке.

Наиболее оптимальным решением в процессе контроля качества поверхности является применение бесконтактных измерительных средств, позволяющих с высокой точностью измерить высоту микронеровностей, возникающих на поверхности детали после её обработки металлорежущим инструментом. В качестве такого средства измерения предлагаю использовать интерферометр Линника (рис.1).

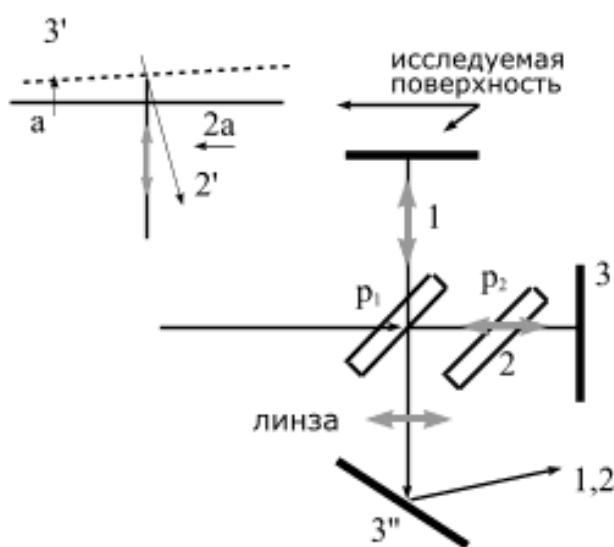


Рис. 1. Интерферометр Линника

Интерферометр Линника представляет собой слегка видоизмененный интерферометр Майкельсона. Основу интерферометра составляют две стеклянные пластины  $p_1$  и  $p_2$  и два зеркала, одним из которых служит исследуемая поверхность. Нижняя поверхность первой пластины представляет собой полупрозрачное зеркало, на котором происходит разделение лучей: часть света (луч 1) отражается вверх, отражается от исследуемой поверхности и после отражения от нижнего зеркала 3" направляется в окуляр (на рисунке не показан), через который и наблюдается интерференционная картина [2].

После прохождения пластины  $p_1$  луч 2 направляется к зеркалу 3, отражается от него, затем от полупрозрачного зеркала и вместе с лучем 1 направляется к наблюдателю. Луч 1 после отражения от полупрозрачного зеркала и на обратном пути дважды проходит через пластину  $p_1$ , "набирая" тем самым некоторую "лишнюю" разность хода. Для ее компенсации служит пластина  $p_2$ , изготовленная из того же материала, что и первая. Применение компенсирующей пластины  $p_1$  позволяет осуществить такую компенсацию сразу для всех длин волн. Почему образуется интерференционная картина и как она выглядит помогает понять укрупненный фрагмент рисунка слева вверху. Реальный луч 2 и его отражение от зеркала 3 можно заменить лучем 2' и его "отражением" от изображения зеркала 3 в полупрозрачном зеркале - 3'. При отражении от идеально плоских поверхностей волны остаются плоскими, и фронты волн 1 и 2 составляют между собой угол  $2\alpha$ , если угол между исследуемой поверхностью и изображением зеркала 3' равен  $\alpha$ . Если исследуемая поверхность обработана некачественно, волна 1 уже не будет плоской, интерференционная картина исказится. Такой интерферометр позволяет обнаружить неровности на исследуемой поверхности.

Точность измерения высоты микронеровностей определяется соотношением  $\lambda/4$ , где  $\lambda$  - длина волны облучающего света. Поэтому в качестве источника свет предлагаю использовать He-Ne лазер с длиной волны излучения  $\lambda = 0,6328$  мкм.

1. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2006.
2. Бондарев В., Калашников Н.П., Спирин Г.Г. Курс общей физики: В 3 кн. Кн. 2. Электромагнетизм. Волновая оптика. Квантовая физика: Учебное пособие / Б – М.: Высшая. школа, 2005. 438 с.



# **ЭЛЕКТРОННЫЙ ТРАНСФОРМАТОР ТОКА С ЦИФРОВЫМ ВЫХОДОМ**

Осинцев С.С., Моисейкин Е.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [stanislavosincev@gmail.com](mailto:stanislavosincev@gmail.com)

## **ELECTRICAL CURRENT TRANSFORMER WITH DIGITAL OUTPUT**

Osintsev S.S., Moiseykin E.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In this work we present the main features of a digital substation and experimental studies on development of the electrical current transformer with digital output based on the IEC 61850-9-2LE. Also described the main characteristics of developed layout and basic requirements of international standards series for such devices, to provide the necessary performance and compatibility.

Со времени внедрения оборудования, используемого в отечественных электрических подстанциях, произошло существенное развитие аппаратных и программных средств систем управления и автоматизации. Российскими производителями ведутся разработки первичного и вторичного электросетевого оборудования со встроенными коммуникационными портами; производятся микропроцессорные контроллеры, оснащенные инструментальными средствами разработки. Все это создает предпосылки для построения подстанции нового поколения – цифровой подстанции, в которой организация всех потоков информации при решении задач мониторинга, анализа и управления осуществляется в цифровой форме [1].

Измерения величин тока и напряжения на промышленных предприятиях обеспечивают контроль технологического процесса основных агрегатов, установленного режима работы, качества и количества получаемой электроэнергии, состояния изоляции в сетях с изолированной нейтралью трехфазного тока. Измерение тока происходит при помощи аналоговых амперметров переменного тока прямого включения или через измерительные трансформаторы тока [2].

Мировые тенденции развития промышленного оборудования связаны с широким применением микропроцессорной техники, что создает необходимость в модернизации существующего оборудования, а также в разработке принципиально новых цифровых аппаратов, отвечающих всем требованиям соответствующих стандартов.

В рамках магистерской диссертации совместно с ООО "Эльмаш" (УЭТМ) были разработаны структурная и принципиальная схемы измерительного блока электронного трансформатора, на основе которых изготовлен макет, содержащий аналого-цифровой преобразователь, микроконтроллер, микросхему физи-



ческого уровня Ethernet и др. При помощи 24-разрядного АЦП входной сигнал с датчика преобразуется в цифровой код с высокой точностью. Микроконтроллер с необходимой скоростью регистрирует измеренную информацию и осуществляет ее передачу на следующий уровень системы автоматизации используя протокол МЭК 61850-9-2LE на основе Ethernet. В настоящее время завершена отладка работы основной периферии устройства и ведется разработка основного программного обеспечения.

1. Цифровая подстанция - важный элемент интеллектуальной энергосистемы [Электронный ресурс] Статья – Режим доступа: <http://www.ntc-power.ru/upload/presentation/CPS%20intellectual%20grid%20element.pdf>
2. Измерение тока и напряжения при эксплуатации электрооборудования на промышленных предприятиях [Электронный ресурс] Статья – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1589-izmerenie-toka-i-naprjazhenija-pri.html>

## **ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

Шилов А.О.<sup>\*</sup>, Моисейкин Е.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [artshilovekb@gmail.com](mailto:artshilovekb@gmail.com)

## **PROGRAMMABLE-GAIN AMPLIFIER FOR SENSOR APPLICATIONS**

Shilov A.O.<sup>\*</sup>, Moiseykin E.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Programmable-gain amplifier for measuring sensor signals is designed. This amplifier contains various buffering cascades and filters, making this amplifier compatible with different kinds of sensors.

В современной радиоэлектронной аппаратуре широко используются датчики для измерения различных физических величин. Нередко организации, занимающиеся поверкой измерительных преобразователей, сталкиваются с ситуациями, когда наименование датчика утеряно, либо отсутствуют его паспортные данные. В связи с этим возникает необходимость в создании универсального устройства, с помощью которого легко производить измерения датчиками, имеющими различные выходные параметры, а также определять их.

В ходе данной работы создан программируемый усилитель с набором различных входных каскадов, предназначенных для согласования входного сопро-

тивления усилителя с выходным сопротивлением различных измерительных преобразователей. Также предусмотрены входные каскады для работы с датчиками, имеющими токовый выход со значениями силы тока, находящимися в одном из стандартных диапазонов 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА.

Помимо различных входных каскадов в устройстве предусмотрена система переключаемых настраиваемых активных фильтров: полосовых, выполненных по схеме биквадратного фильтра; нижних и верхних частот, выполненных по схеме 2-полосного фильтра Чебышева. Переключение между различными входными каскадами и фильтрами осуществляется при помощи наборов мультиплексоров, управляемых микроконтроллером. Кроме того, возможно включение режекторного фильтра на пассивных элементах, настроенного на частоту 50 Гц для исключения сетевой помехи.

Согласование преобразованного сигнала датчика с входными параметрами системы обработки производится оконечным каскадом с программируемым коэффициентом усиления.

Управление программируемым усилителем осуществляется специализированным программным обеспечением, разработанным для операционной системы семейства Microsoft Windows. Созданное ПО позволяет коммутировать каскады устройства, варьировать частотные параметры фильтров, производить подстройку коэффициента усиления оконечного каскада.

## **УСТРОЙСТВО ХИМИЧЕСКОЙ ПОЛИРОВКИ ПЛАСТИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Даринцев А.Е.<sup>\*</sup>, Моисейкин Е.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>\*</sup>E-mail: [alecsey2020@gmail.com](mailto:alecsey2020@gmail.com)

## **CHEMICAL POLISHING DEVICE OF PLASTIC PRODUCTS**

Darintcev A.E.<sup>\*</sup>, Moiseykin E.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. A developed device for chemical polishing of ABS-plastic products is discussed. The device contains a control unit with LCD, polishing chamber, heater.

Концепция 3D печати в настоящее время применяется для изготовления широкого спектра объектов от простых декоративных изделий до прототипов сложных механизмов. Доступность небольших 3D принтеров делает их привлекательными для инженеров, дизайнеров и других специалистов, занимающихся прототипированием, изготовлением небольших изделий, мелкосерийным про-

изводством. Одним из способов создания трёхмерных объектов является нанесение последовательных слоев расплавленного пластика. Основным недостатком изделий, полученных таким методом, является ярко выраженная слоистость.

Применяется несколько способов сглаживания внешней поверхности: шпаклевка с последующей покраской, механическая полировка и обработка химически активными веществами, способными растворять материал изделия. Основными методами химической полировки являются нанесение растворителя кистью, погружение в активное вещество, обработка парами. Преимуществом последнего метода считается возможность контроля процесса химической обработки.

В данной работе представлено устройство химической полировки изделий из ABS-пластика в парах ацетона. Разработка устройства для обработки указанного пластика продиктована его широким применением при печати на 3D-принтерах, доступностью и невысокой токсичностью растворителя.

Устройство представляет собой микроконтроллерный блок управления и камеру, в которой за счет регулирования температуры воздушной среды можно создавать повышенную концентрацию паров ацетона. Камера содержит управляемый резистивный нагреватель и вентилятор с возможностью варьирования скорости вращения для улучшения циркуляции газовой смеси. С целью снижения вероятности воспламенения паров ацетона напряжение питания электронных элементов, находящихся в камере, составляет 12 В.

Управление процессом химической обработки реализуется микроконтроллером Atmega328P компании Microchip Technology Inc. (Atmel Corporation). Задание параметров химической обработки и их контроль во время процесса выполнения осуществляется оператором при помощи клавиш управления и символического ЖКИ.

Программное обеспечение устройства химической полировки, разработанное в среде AtmelStudio 7.0 на языке C, позволяет указать температуру воздушной среды камеры и время ее поддержания, а также отображать основные параметры процесса химической обработки.

1. Введение в 3D печать, Часть 4: Механическая и химическая постобработка, шпаклевка. Режим доступа: <http://3dtoday.ru/blogs/harh/introduction-to-3d-printing-part-4-mechanical-and-chemical-postprocess/>. Дата обращения 25.12.2017.
2. 10 практических устройств на AVR-микроконтроллерах. Книга 2 / Кравченко А. В. – Корона-Принт, 2009 г. – 320 с. – ISBN: 978-5-7931-0532-3

# **ВОЗМОЖНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ МОБИЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ В РАМКАХ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Журавлев К.А.<sup>1</sup>, Спиридонов Д.М.<sup>1</sup>, Панкин В.В.<sup>1,2,3</sup>,  
Панкин С.В.<sup>1</sup>, Щелканов А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup>) Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской  
академии наук, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: [K.A.Zhuravlev@at.urfu.ru](mailto:K.A.Zhuravlev@at.urfu.ru)

## **POSSIBILITY OF IMPLEMENTATION OF THE MOBILE LABORATORY OF RADIONUCLID DIAGNOSTICS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE LEGISLATION OF THE RUSSIAN FEDERATION**

Zhuravlev K.A.<sup>1</sup>, Spiridonov D.M.<sup>1</sup>, Pankin V.V.<sup>1,2,3</sup>, Pankin S.V.<sup>1</sup>, Shchelkanov A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Ural State Medicine University, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>) Institute of High-Temperature Electrochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of  
Sciences, Yekaterinburg, Russia

Explore the possibilities for the implementation of a mobile laboratory for radionuclide diagnostics within the legislative framework of the Russian Federation.

Онкологические заболевания всегда были большим кластером проблем медицины. Чем раньше удастся выявить злокачественные образования, тем вероятность спасти пациента увеличивается. Некоторым пациентам не имеют возможности диагностироваться в стационарных лабораториях по различным причинам: пациенты могут быть нетранспортабельны, также их далекое месторасположение от лабораторий могут вызвать проблемы со своевременным назначением лечения. В связи с этим изучение возможностей по реализации мобильной лаборатории радионуклидной диагностики в рамках законодательной базы Российской Федерации является актуальной целью данной работы.

Лаборатория радионуклидная — специально оборудованное помещение лечебно-профилактического или научно-исследовательского медицинского учреждения, предназначенное для проведения радионуклидных исследований [1].

Все работы с РФП требуют особых условий и должны проводиться в специально отведенных помещениях. Эти помещения оснащены средствами и оборудованием, которые обеспечивают защиту от излучений персонала и предотвращение загрязнения радиоактивными веществами как внутри лаборатории, так и в других помещениях лечебного учреждения и вне его [2]. Так, как мы рассматриваем реализацию мобильных лабораторий, то должны учесть все требования,

применяемые к стационарным лабораториям только в масштабах мобильных передвижных пунктов.

В настоящее время основным нормативным документам, регулирующим деятельность лабораторий радионуклидной диагностики, является СП 2.6.1.799-99/10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» [3]. При создании данного комплекса должны быть учтены все нормативные документы, а также необходимо будет пройти необходимые проверки для получения лицензий для работы на территории РФ.

1. Энциклопедический словарь медицинских терминов, Советская энциклопедия (1982-1984).
2. Линденбратен Л.Д., Лясс Ф.М., Медицинская радиология, Книга по Требованию, 385(2012).
3. СП 2.6.1.799-99/10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности».

## **АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ДЕТЕКТОРА ПРЯМОГО ЗАРЯДА**

Зайцев Е.В.

ФГУП «ПО «Маяк», г. Озёрск, Россия

E-mail: [winner1111@mail.ru](mailto:winner1111@mail.ru)

## **ANALYSIS OF MATERIALS FOR THE DETECTOR OF DIRECT CHARGE**

Zaitsev E.V.

FSUE "PO "Mayak", Ozersk, Russia

To control the thermal neutron flux density in the reactor core direct charge detectors (DSS) are used because of their resistance to radiation effects, compactness and low cost of their application. The most common electrodes are DPS from rhodium, but in our case their use is unjustified under the conditions of the problem due to the increased neutron flux densities, and therefore their rapid disintegration.

Для контроля плотности потока тепловых нейтронов в активной зоне реактора применяются детекторы прямого заряда (ДПЗ) из-за стойкости к радиационному воздействию, компактности и низкой стоимости их применения. Наиболее распространены электроды ДПЗ из родия, но в нашем случае их применение неоправданно по условиям решаемой задачи из-за повышенных плотностей потока нейтронов, и соответственно быстрый их распад.

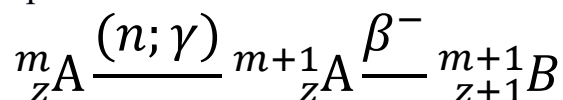
ДПЗ состоит из эмиттера, коллектора и разделяющего их диэлектрика. Для эмиттера используют материалы, в которых под влиянием нейтронного облучения образуются заряженные частицы. Уходя с эмиттера и собираясь на коллек-

торе, эти частицы создают разность потенциалов. Определяемый ею ток пропорционален плотности потока нейтронов в месте установки детектора.

Материалы других конструктивных элементов ДПЗ выбирают таким образом, чтобы количество образующихся в них заряженных частиц, способных влиять на ток ДПЗ, было намного меньше, чем в эмиттере.

ДПЗ представляет собой генератор тока, причем непосредственно измеряется ток короткого замыкания. Использование ДПЗ в режиме короткого замыкания определяет целый ряд преимуществ этого метода. К ним относятся значительное снижение требований к сопротивлению изоляции детектора, что позволяет использовать ДПЗ при высоких температурах, и относительно малое влияние помех на работу низкоомного измерительного прибора.

В работе ДПЗ используется реакция  $(n; \gamma)$  с образованием и последующим распадом  $\beta$ -активного изотопа, определяемый ею ток (активационная составляющая  $i_{акт}$ ) пропорционален плотности потока нейтронов. Эту реакцию можно записать следующим образом:



где  $m$  — массовое число изотопа  ${}_Z^{m+1} A$ ;  $Z$  — атомный номер изотопа.

Задача выбора материала эмиттера ДПЗ сводится к поиску баланса между удельными чувствительностью и радиационной стойкостью: эти два ключевые параметра находятся в обратнопропорциональной зависимости, то есть чем больше чувствительность, тем меньше радиационная стойкость.

Наиболее перспективный для применения в качестве материала изолятора — *монокристаллический оксид алюминия*. В настоящее время в Ленинградской области создано производство по выращиванию трубок, нужного диаметра, из монокристаллического оксида алюминия.

Наиболее перспективный материал эмиттера — ванадий.

*Научное издание*

V Международная молодежная научная конференция:  
Физика. Технологии. Инновации.  
ФТИ-2018

14–18 мая 2018 г.

Тезисы докладов

*Печатается в авторской редакции*

Компьютерная верстка  
*А. В. Ищенко*

Подписано в печать 10.05.2018. Формат 70×100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 56,6.  
Уч.-изд. л. 50,9. Тираж 500 экз. Заказ